

**DESARROLLO DE PROCESOS ARGUMENTATIVOS EN EL AULA, UNA
ESTRATEGIA PARA POTENCIAR EL CAMBIO DE LOS MODELOS
EXPLICATIVOS DEL CONCEPTO DE DENSIDAD**

Diana Cristina Carmona Gómez

**Universidad Tecnológica de Pereira
Facultad de Ciencias de la Educación
Maestría en Educación**

2018

**DESARROLLO DE PROCESOS ARGUMENTATIVOS EN EL AULA, UNA
ESTRATEGIA PARA POTENCIAR EL CAMBIO DE LOS MODELOS
EXPLICATIVOS DEL CONCEPTO DE DENSIDAD**

Diana Cristina Carmona Gómez

Asesores:

Candidato a Doctor José Mauricio Rodas Rodríguez

Doctor Francisco Javier Ruiz Ortega

Trabajo para optar al título de Magíster en Educación

Universidad Tecnológica de Pereira

Facultad de Ciencias de la Educación

Maestría en Educación

2018

Nota de aceptación

Director de Tesis

Jurado

Jurado

Pereira, 2018.

Agradecimientos

A mi Dios por darme la oportunidad de emprender y llevar a feliz término este proyecto.

A mi familia que siempre ha sido el pilar fundamental de mi vida.

Al candidato a Doctor Mauricio Rodas y al Doctor Francisco Javier Ruiz por su incondicional acompañamiento, asesoría y comprensión que hicieron posible la consolidación de este trabajo investigativo.

A todo el grupo de docentes integrantes de la línea de investigación del macroproyecto en Ciencias Naturales por sus enseñanzas y orientaciones constantes.

A mis compañeros de maestría, en especial a los integrantes de la línea de investigación en Ciencias, por su valiosa compañía y aportes.

Contenido

Capítulo I	1
1. Planteamiento del problema.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Pregunta de investigación.....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 General	3
1.3.2 Específicos	4
1.4 Justificación	4
Capítulo II	7
2. Marco Teórico.....	7
2.1 Antecedes.....	7
2.2 Referente conceptual	13
2.2.1 Argumentación	13
2.2.1.1 La argumentación históricamente.....	14
2.2.1.2 Algunas perspectivas sobre argumentación.....	15
2.2.1.3 Modelo argumentativo de Toulmin y su importancia en la escuela	16
2.2.1.4 El papel de la argumentación en el aula	19
2.2.2 Representaciones y modelos	20
2.2.2.1 Modelos mentales	20

2.2.2.2	Importancia de los modelos mentales en la enseñanza de las ciencias	22
2.2.2.3	Modelos explicativos y modelos alternativos en el aula de ciencias.....	23
2.2.2.4	Los modelos explicativos en la construcción de la ciencia escolar	24
2.2.3	Densidad, una propiedad de la materia	25
2.2.3.1	El concepto de Densidad históricamente	26
2.2.3.2	El concepto de densidad en la escuela.....	30
2.2.3.3	Origen de las concepciones alternativas del concepto de densidad.....	31
2.2.3.4	Modelos explicativos del concepto de densidad.....	32
Capítulo III	33
3.	Marco Metodológico.....	33
3.1	Tipo de investigación.....	33
3.2	Carácter de la investigación cualitativa	34
3.3	Diseño de la investigación.....	35
3.3.1	Fase inicial o momento 1.	35
3.3.2	Fase de intervención.....	36
3.3.3	La fase final o momento 3.....	37
3.4	Unidad de trabajo.....	38
3.5	Unidad de análisis.....	38
3.6	Obtención de la Información	39
3.6.1	Fase inicial y final	39

3.6.2	Fase de intervención.....	40
3.7	Plan de análisis	40
3.7.1	Plan de análisis momento inicial y final.....	41
3.7.2	Plan de análisis momento de intervención	44
Capítulo IV	46
4.	Presentación y análisis de resultados	46
4.1	Análisis descriptivo-comprensivo del grupo total	46
4.1.1	Análisis etapa inicial	46
4.1.1.1	Modelos explicativos.....	46
4.1.1.2	Análisis niveles argumentativos	50
4.1.1.3	Relación entre los modelos explicativos y los niveles argumentativos	53
4.1.2	Análisis fase final	55
4.1.2.1	Análisis de los modelos explicativos.....	55
4.1.2.2	Análisis niveles argumentativos	57
4.1.2.3	Relación entre los modelos explicativos y los niveles argumentativos	59
4.2	Análisis comprensivo	62
4.2.1	Análisis E7	62
4.2.1.1	Comportamiento general de E7	71
4.2.2	Análisis E27	73
4.2.2.1	Comportamiento general de E7	81

5. Conclusiones	83
6. Implicaciones didácticas de la investigación	88
Bibliografía	89
Anexos	98

Índice de Tablas

Tabla 1. Rejilla de orientación para ubicar los niveles argumentativos.	18
Tabla 2. Modelos explicativos sobre densidad y su caracterización.	32
Tabla 3. Análisis de nivel argumentativo	42
Tabla 4. Análisis de términos e ideas para identificar modelos.....	43
Tabla 5. Fragmento de un audio transcrito, usado para el análisis comprensivo.....	44
Tabla 6. Análisis de términos e ideas de E25, para identificar modelos.	47
Tabla 7. Análisis de términos e ideas de E17, para identificar modelos.	48
Tabla 8. Análisis de términos e ideas de E5, para identificar nivel argumentativo.....	50
Tabla 9. Análisis de términos e ideas de E3, para identificar nivel argumentativo.....	51
Tabla 10. Tabla 7 Análisis de términos e ideas, para identificar modelos.....	56
Tabla 11. Análisis de términos e ideas de E5, para identificar nivel argumentativo, después de la intervención.....	57
Tabla 12. Comparativo entre fase inicial y fase final de la relación entre los niveles y los modelos	61
Tabla 13. Fragmento momento argumentativo 1, participación de E7.....	67
Tabla 14. Fragmento de momento argumentativo 1, intervención de E27.	76

Índice de figuras

Figura 1. Modelo argumentativo propuesto por Toulmin.....	17
Figura 2. Visión esquemática del modelo de Toulmin y su aplicación en educación	17
Figura 3. Un modelo para la construcción de modelos mentales	21
Figura 4. Diseño de la investigación.....	35
Figura 5. Modelo dinámico de planeación didáctica	37

Índice de gráficas

Gráfica 1. Modelos explicativos hallados en la fase inicial.....	50
Gráfica 2. Niveles argumentativos fase inicial	52
Gráfica 3. Relación entre los niveles argumentativos y los modelos explicativos en la fase inicial	54
Gráfica 4. Modelos explicativos en el momento 3 o fase final.....	55
Gráfica 5. Niveles argumentativos después de la intervención	59
Gráfica 6. Relación entre los niveles argumentativos y los modelos explicativos en la fase final	60
Gráfica 7. Comportamiento general de E7	72
Gráfica 8. Comportamiento general de E27	81

Resumen

La argumentación y el uso de modelos explicativos en el aula de ciencias han sido temas que en los últimos años han logrado captar el interés de muchos actores, investigadores y expertos en educación, dado el impacto que presentan cuando se trabajan en el aula de clase. Siguiendo dicha tendencia, el estudio pretendió categorizar los modelos explicativos sobre el concepto de densidad, intervenirlos desde la aplicación de una secuencia didáctica sustentada en el desarrollo de procesos argumentativos y evaluar la relación existente entre los procesos argumentativos y los cambios en los modelos explicativos. Éste, se realizó en el departamento de Risaralda (Colombia), en el municipio de Dosquebradas, con jóvenes que hacían parte de la educación media, específicamente del grado décimo de una institución educativa del municipio.

La investigación se abordó desde una perspectiva cualitativa con un enfoque descriptivo comprensivo. Fue desarrollada en tres momentos: la identificación de los modelos explicativos sobre el concepto densidad y la estructura argumentativa en relación con el concepto inicial de los estudiantes; su intervención a través de una secuencia didáctica en la cual primaba la argumentación entendida como una competencia cognitivo - lingüística, de carácter social, dialógico y dialéctico y; la identificación de cambios en dichos modelos y niveles, con el fin de establecer relaciones existentes entre los mismos.

Para los momentos uno y tres, se aplicó un cuestionario de pregunta abierta que pretendió categorizar los niveles y los modelos, antes y después de la intervención. La información obtenida tras la aplicación del cuestionario, se analizó bajo la perspectiva del análisis del discurso escrito. En cuanto a la estructura argumentativa y la relación directa con el concepto, se hace uso de una escala establecida por Ruiz (2015) que surge como una adaptación de los niveles argumentativos definidos por Erduran, Osborne, & Simon (2004).

En cuanto a los modelos explicativos se definió una tabla que recopila los modelos, las características propias de cada modelo y los obstáculos del concepto de densidad.

En éste análisis, se tienen en cuenta la totalidad de los estudiantes participantes; mostrando el comportamiento en los modelos explicativos y en los niveles argumentativos, iniciales y finales de los estudiantes; los cambios que se presentan, y la relación entre los mismos.

Para el momento dos, se construyó y ejecutó una secuencia didáctica sobre el tema, en la cual se explicitaba la promoción y evaluación de la argumentación en clase de ciencias. La información obtenida tras la intervención con la secuencia didáctica, se analizó bajo un enfoque comprensivo, únicamente con dos estudiantes que fueron seleccionados bajo criterios estrechamente relacionados con aspectos argumentativos como: participación activa y dinámica en las actividades, cumplimiento a todas las sesiones que hacían parte de la secuencia y la amplia capacidad para expresar y defender sus ideas en el grupo. Éste análisis, contó con diferentes momentos que incluían desde la aplicación inicial y final del instrumento escrito, hasta actividades tanto escritas como orales, con el fin de comprender el comportamiento de los estudiantes en cuanto a sus modelos explicativos y la construcción de argumentos en espacios de debate y discusión en pequeños subgrupos y en el grupo en general.

Los resultados muestran que tras la intervención didáctica, los estudiantes pasaron de perspectivas distantes de la aceptada científicamente como la analógica y la empírica, a perspectivas de proporcionalidad. También permiten encontrar cambios significativos en la construcción de argumentos más sólidos, lo que puede asociarse a una mejor comprensión del concepto. Además, se evidencia una fuerte relación entre ambas categorías.

Palabras clave: Argumentación, conocimiento científico, densidad, modelos alternativos, modelos explicativos.

Abstract

The argumentation and the use of explanatory models in the science classroom have been topics that in recent years have managed to capture the interest of many actors, researchers and experts in education, given the impact they present when working in a classroom. Following this trend, the study sought to categorize explanatory models about the concept of density, to intervene from the application of a didactic sequence based on the development of argumentative processes and to evaluate the relationship between argumentative processes and changes in explanatory models. This was done in the department of Risaralda (Colombia), in the municipality of Dosquebradas, with young people who were part of the secondary education, specifically the tenth grade of an educational institution in the municipality.

The research was approached from a qualitative perspective with a comprehensive descriptive approach. It was developed in three moments: the identification of explanatory models about the concept of density and the initial argumentative structure of students; Its intervention through a didactic sequence in which the argumentation understood as linguistic competence, of social, dialectical and dialectical character, and; The identification of changes in these models and levels, in order to establish relationships between them.

For moments one and three, we applied an open-ended questionnaire that attempted to categorize levels and models, before and after the intervention. The information obtained after the application of the questionnaire was analyzed from the perspective of written discourse analysis. For the analysis of the argumentative structure, use is made of a scale established by

Ruiz (2015) that arises as an adaptation of the argumentative levels defined by Erduran, Simon and Osborne (2004). As for the analysis of the explanatory models, a table was defined that compiles the models, the characteristics of each model and the obstacles of the concept of density. In this analysis, all the participating students are taken into account; showing the changes obtained in the explanatory models and the initial and final argumentative levels of the students, and the relationship between them.

For the moment two, a didactic sequence on the subject was constructed and executed, in which the promotion and evaluation of the argumentation in science class was made explicit. The information obtained after the intervention with the didactic sequence was analyzed under a comprehensive approach, with only three students selected under criteria closely related to argumentative aspects such as: active participation in the activities, compliance to all the sessions that were part of the Sequence and the ample capacity to express and defend their ideas in the group. This analysis included different moments ranging from the initial and final application of the written instrument, to written and oral activities, in order to understand students' behavior in terms of their explanatory models and the construction of arguments in spaces of Debate and discussion in small subgroups and in the group in general.

The results show that after the didactic intervention, the students passed from perspectives distant from the scientifically accepted as the analogical and the empirical, to perspectives of proportionality. They also allow for significant changes in the construction of stronger arguments, which can be associated with a better understanding of the concept. In addition, a strong relationship between the two categories is evident.

Keywords: Argumentation, scientific knowledge, density, alternative models, explanatory models.

Capítulo I

1. Planteamiento del problema

En esta sección se presenta el planteamiento del problema que consta de la descripción de algunas situaciones que dan soporte a la investigación; la pregunta, los objetivos y la justificación que guiaron el desarrollo de la misma.

1.1 Descripción del problema

La incursión de la tecnología y de nuevas didácticas, han determinado en las últimas décadas una serie de cambios significativos en la educación, buscando un proceso de enseñanza y aprendizaje más acorde a los requerimientos actuales. Sin embargo, en la escuela aún se pueden visualizar modelos educativos arraigados en lo tradicional y transmisionista, en los que el profesor es el centro de información, único dueño del discurso y protagonista principal del proceso, mientras que los estudiantes sólo llenan cuadernos con contenidos, para luego aprender de forma repetitiva, memorística y que tienen poca o ninguna aplicabilidad en la vida diaria. Ese proceso además de aburrido, monótono y poco dinámico para los estudiantes, limita el proceso de enseñanza y aprendizaje, provocando en la mayoría de los casos: desmotivación y desinterés por las clases, las tareas y el estudio.

Las clases de ciencias, no son la excepción; como indican Ruíz, Sánchez, Jaramillo, & Tamayo (2005) al citar a Bruner, (...) las posibles dificultades actuales para comprender las ciencias, no es la falta de capacidades de los estudiantes; sino que, en la escuela aún no se ha encontrado el camino más adecuado y eficiente para la enseñanza de esta área del conocimiento. Esto puede interpretarse, como la predominancia de una enseñanza rutinaria, en la cual los estudiantes solo deben aprender de memoria conceptos, fechas, datos, teorías y procesos; lo que conlleva a que el aprendizaje se vea directamente afectado de manera negativa.

Otra de las consecuencias del contexto descrito previamente, es que el aula de clase se convierte en un espacio en el cual, en vez de fomentar, promover y potenciar las habilidades y capacidades de los estudiantes, se dificulta y hasta se anula el desarrollo de competencias básicas en ciencias como son la interpretación, la argumentación y la proposición; restringiendo la construcción del conocimiento a partir de la apropiación de representaciones, identificación y diferenciación de fenómenos, construcción y comprensión de explicaciones coherentes, comunicación de los aprendizajes a través de la interacción con otros, a la simple memorización y repetición de aprendizajes carentes de sentido y significado científico.

Esta situación se hace más compleja cuando se intervienen temáticas de naturaleza abstracta como por ejemplo los conceptos de densidad, presión, peso, etc., (Raviolo, Moscato, & Schnersch, 2005), que son obligatorios y comunes en los currículos de ciencias; ya que, en la mayoría de los casos, su enseñanza se limita a la implementación de una expresión matemática que determina un valor y unas unidades específicas, y con la cual los estudiantes no extrapolan su aplicación e importancia a la vida diaria.

En la Institución Educativa Popular Diocesano la realidad no es lejana a las situaciones descritas anteriormente. En un buen número, los docentes llegan a orientar sus clases previamente preparadas; sin embargo, el desarrollo de las mismas, se realiza obedeciendo a una didáctica tradicional, en espacios cerrados, con alocuciones únicamente del profesor. En otros casos, al aula se llevan guías o libros que por demás muchos están obsoletos y, cuyo único objetivo es que los estudiantes transcriban textualmente una o varias páginas de contenidos, para que, posteriormente se resuelva de manera individual o grupal un cuestionario de x número de preguntas, que deben resolver según el texto, memorizar y repetir al pie de la letra.

Esa didáctica transmisionista deja de lado el entendimiento y la comprensión de fenómenos, situaciones y hasta la misma naturaleza de la ciencia, y esto se hace evidente cuando se solicita la explicación a un fenómeno conocido, cotidiano y común, pero que no está dentro de los cuestionarios y que es soportado por la ciencia; un buen número de alumnos muestra serias dificultades al hacerlo y, los pocos que logran construir una estructura argumentativa, generalmente hacen uso de un lenguaje que no es el apropiado o simplemente la realizan con poca correspondencia y coherencia, exhibiendo pocos elementos en su elaboración, desconocimiento del tema o errores conceptuales instalados. Esta situación demuestra que los estudiantes no aprehenden realmente lo que se les enseña, por su manifiesta incapacidad para utilizar los conocimientos en la explicación de fenómenos cotidianos, Tamayo (2011).

1.2 Pregunta de investigación

¿Cómo cambian los modelos explicativos sobre el concepto de densidad y la estructura de los argumentos de los estudiantes de grado décimo tras su participación en el desarrollo de procesos argumentativos en el aula de ciencias?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Comprender el cambio en los modelos explicativos de los estudiantes del grado décimo sobre el concepto Densidad y en la estructura argumentativa tras su participación en los procesos argumentativos desarrollados en el aula de ciencias

1.3.2 Específicos

- Caracterizar los modelos explicativos sobre densidad y la estructura de los argumentos iniciales y finales de los estudiantes, cuando discuten situaciones relacionadas con el concepto de densidad.
- Promover cambios tanto en los modelos explicativos como en la estructura de los argumentos mediante la aplicación de una unidad didáctica apoyada en el desarrollo de procesos argumentativos
- Evaluar la relación entre los procesos argumentativos y el cambio en los modelos explicativos del concepto de densidad.

1.4 Justificación

Se ha evidenciado que tradicionalmente e incluso en la Institución Educativa Popular Diocesano, la educación en ciencias está encaminada en la enseñanza de contenidos, bajo un modelo transmisionista de conocimientos; en el cual el profesor expone y explica progresivamente sus ideas y, el estudiante actúa como una hoja en blanco en la que se plasman instrucciones, datos y teorías, que deben ser reproducidas repetitiva y memorísticamente. El modelo mencionado anteriormente, limita en niños y jóvenes habilidades como la creatividad, la experimentación, la indagación, la toma de decisiones y restringe el desarrollo de competencias cognitivas lingüísticas entre las que se encuentra la argumentación. Como indica Jiménez (1998), es difícil que se hable de ciencias en clases donde hay poca o ninguna interacción entre los estudiantes. Por lo tanto, dicho modelo, aleja al estudiante de perspectivas científicas, dado que el aprendizaje es carente de significado y aplicabilidad.

Con base en lo anterior, en las ciencias se hace necesario cambiar el paradigma de la enseñanza transmisionista, descentralizando al docente, a las guías y libros obsoletos; dando

mayor protagonismo al alumno, viviendo un proceso dinámico en el cual haya mezcla de tecnología, actualidad, innovación, discusión en el aula, con el uso unidades didácticas como herramientas pedagógicas que integran los elementos del proceso enseñanza – aprendizaje (Ibañez, 1992) , diseñadas con el fin de fortalecer el desarrollo de capacidades cognitivas, lingüísticas y sociales, entre otras; y que contribuyan e intervengan el aprendizaje profundo en los estudiantes.

Por ende, la propuesta es que los docentes como uno de los actores garantes del proceso de enseñanza y aprendizaje, diseñen y lleven a las aulas unidades didácticas que contengan actividades científicas escolares, que les permita a los estudiantes actuar, pensar, comunicar, suscitar inquietudes, preguntar con significado, además de promover actitudes y valores. Es en este punto, donde toma importancia la argumentación como proceso social, dialógico y dialéctico en el aula.

De acuerdo con Sardà & Sanmatí (2000), las actividades argumentativas tienen como propósitos fundamentales: formar estudiantes críticos, desarrollar la comprensión de los conceptos científicos y proporcionar mejor entendimiento de la ciencia.

Sin embargo, dadas las bondades de los procesos argumentativos en el aula de ciencias, estos no pueden generarse de forma aislada a los modelos propios del conocimiento científico escolar, ya que para hablar de ciencia es necesario tanto el léxico específico del área, así como la forma como se comprende la ciencia (Jiménez, 1998). Lo que conlleva a trabajar no sólo la erradicación de modelos alejados al científico sino también la estructuración de unos argumentos que permitan comunicar ciencia escolar y por ende favorezcan el aprendizaje en profundidad de conceptos.

Con base en lo anterior, la investigación está orientada a que a través de la implementación de una unidad didáctica, los estudiantes construyan argumentos más sólidos,

coherentes con modelos explicativos cercanos al científico sobre el concepto de densidad, que conduzcan a la remoción de obstáculos que han sido incorporados a lo largo de su vida tanto social como académica, a la apropiación y comunicación del lenguaje científico y suscitar aprendizaje profundo.

Capítulo II

2. Marco Teórico

Esta sección consta de algunos apartados teóricos que fundamentan la investigación. Está dividida en dos partes: la primera una revisión a algunas investigaciones y publicaciones anteriores tanto del contexto internacional como del nacional, que brindan elementos relevantes para trabajar argumentación en las clases de ciencias, así como la importancia de las concepciones y representaciones que poseen los estudiantes frente a temas trabajados dentro del aula, además de algunos trabajos realizados en el tema de enseñanza del tema de densidad.

Y la segunda, los aspectos conceptuales y teóricos que sustentaron el estudio.

2.1 Antecedes

La educación y sus formas tradicionales no podían ser la excepción ante los cambios y; es por ello que, actualmente algunas investigaciones apuntan a encontrar las mejores formas para lograr un proceso enseñanza y aprendizaje óptimo, que esté a la vanguardia del movimiento natural de la sociedad.

La enseñanza de las ciencias no ha sido ajena en buscar estrategias que fortalezcan y faciliten el aprendizaje, además que, permitan a los estudiantes no sólo adquirir conocimientos básicos, sino también desarrollar habilidades que puedan usar para comunicar y transmitir lo que aprenden.

Respondiendo a esos desafíos Sardà & Sanmatí (2000) en su publicación denominada “Enseñar a argumentar científicamente: Un reto de las clases de ciencias”, exhiben las dificultades a las que se enfrenta la escuela desde el punto de vista científico y; hacen la invitación de llevar al estudiantado a expresar sistemática y estructuralmente sus conocimientos, trabajando la argumentación científica como una propuesta escolar, que

puede dar solución a las dificultades que exhiben los estudiantes frente a la estructuración y organización coherente de ideas cuando se les solicita algún tipo de explicación.

Investigaciones como: “The place of argumentation in the pedagogy of school science” (Newton, Driver, & Osborne, 1999), “Enseñar a argumentar científicamente: Un reto de las clases de Ciencias.” (Sardà & Sanmatí, 2000), “Tapping into argumentation: Developments in the application of Toulmin’s argument pattern for studying science discourse” (Erduran, Osborne, & Simon, 2004), “Estudios sobre la enseñanza científica escolar” (Ardúriz, y otros, 2005), “Historia y epistemología de las ciencias: Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las Ciencias” (Chamizo, 2007), ¿Por qué argumentar y por qué hacerlo bien? (Bermejo, 2011), “La argumentación como constituyente del pensamiento crítico en niños” (Tamayo, 2011), “La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las ciencias” (Buitrago, Mejía, & Hernández, 2013), El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada (Pinochet, 2015), entre otras; demuestran la importancia de la argumentación en ciencias y su influencia directa en la construcción del conocimiento científico, dado que; al generar espacios de diálogo y discusión frente a las diferentes posturas y teorías, permite que la ciencia avance y se convierte en una herramienta poderosa para promover el pensamiento crítico. Se manifiesta además, que con su implementación en las aulas, se logra una mejor comprensión de conceptos, se favorece la adquisición y apropiación del lenguaje científico y se propende para que el aprendizaje tome sentido y significado, lo que permite que se vuelva profundo.

Trabajar en las clases de ciencias herramientas como la argumentación, permite salirse de la propuesta tradicional; ya que se encuentra articulada a una serie de cambios tanto teóricos como prácticos en los docentes, puesto que deben ser ellos mismos, los primeros que reconozcan e identifiquen la argumentación como un proceso de negociación y construcción de conocimiento científico y de la ciencia escolar, como se hace evidente en “La enseñanza

de la argumentación en ciencias: un proceso que requiere cambios en las concepciones epistemológicas, conceptuales, didácticas y en la estructura argumentativa de los docentes” (Ruiz, Tamayo, & Márquez, 2013).

De esta manera, las aulas de ciencias se convertirían en espacios donde el docente es un actor crucial (más no el único protagonista) que promueve y orienta sus acciones para que los estudiantes estructuren una visión del conocimiento desde la construcción de teorías científicas formadas a partir de argumentos que han sido motivados desde la misma práctica de discusión reflexiva generada al interior del aula. Una propuesta como la descrita se puede visualizar en “La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las ciencias” (Buitrago, Mejía, & Hernández, 2013).

En la publicación denominada “La argumentación en clase de ciencias, un modelo para la enseñanza” (Ruiz, Tamayo, & Márquez, 2015), se presenta de manera explícita cómo esta competencia cognitivo lingüística de carácter dialógico, es un marco de referencia importante en la enseñanza de las ciencias; dada la relevancia que presenta cuando convierte un aula de clase en un escenario de reflexión, debate y crítica entre docentes y estudiantes, que a partir de sus propias representaciones facilita la co-construcción del conocimiento.

Sin lugar a dudas, la argumentación en ciencias, ha mostrado una serie de bondades cuando se trabaja al interior de un aula de clase y, se ha convertido en una herramienta eficaz para sopesar algunas de las falencias que presenta la enseñanza transmisionista, llevando al estudiante a convertirse en un ser crítico que puede construir su conocimiento a partir de argumentos; sin embargo, datos recientes en investigación didáctica, muestran que para lograr que los estudiantes alcancen un conocimiento cercano al conocimiento científico escolar, surge la necesidad de movilizar el conocimiento tradicional de los fenómenos cotidianos hacia una educación científica, en “Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento

cotidiano al conocimiento científico” (Pozo & Gómez, Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico, 1998), dicho autores reconocen que el problema al que se enfrenta la enseñanza de las ciencias, no sólo se trata de los procesos o procedimientos que son llevados a las aulas, sino que también, se debe tener en cuenta que dichos procedimiento sólo son exitosos si van articulados a los contenidos teóricos y conceptuales del estudiantado. Lo anterior infiere la génesis del conocimiento de cada individuo, la identificación de los obstáculos particulares vinculados al proceso de aprendizaje, mecanismos que conduzcan a la superación de los mismos, para así permitir que los conocimientos conceptuales enseñados sean más acordes a la ciencia escolar.

Partiendo de la premisa anterior, Justi Rosária (2006) en su investigación didáctica denominada “La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos” considera el papel tan importante que cumplen las ideas que los estudiantes llevan al aula, sin importar desde que situación escolar o cotidiana hayan sido elaboradas, ya que es desde a partir de dichas ideas y representaciones, como el estudiante le da sentido y construye una explicación, la cual está ligada de manera directa a su estructura cognitiva y, por lo tanto, su resistencia al cambio es alta.

Sin embargo, no es sólo importante conocer cuáles son las representaciones que poseen los estudiantes, también se hace indispensable conocer cual es el proceso por medio del cual dicho individuo construye y moviliza esos modelos, en la investigación “Modelos y modelización en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias” (Tamayo, 2013), se presenta una propuesta para la enseñanza de las ciencias con base en la modelización desde los aspectos epistemológicos, ontológicos, cognitivo-lingüísticos y motivacionales, en la cual se propende por la identificación de obstáculos de aprendizaje y el diseño de ambientes que sean adecuados y acordes que conlleven a la remoción de dichos obstáculos.

En “Modelos explicativos de estudiantes acerca del concepto de respiración” (Tamayo, Orrego, & Dávila, 2014), se puede visualizar cómo desde la práctica es posible trabajar modelos explicativos en el aula, partiendo de la identificación de los obstáculos frente a la enseñanza y al aprendizaje del concepto de la respiración y, con dicha información el establecimiento de unos modelos y una serie de estrategias para intervenirlos, que permitan reorientar la práctica en el aula, propiciando un espacio en el cual se puedan remover los obstáculos identificados y con ello, lograr aprendizaje en profundidad de los conceptos.

Con base en lo anterior, se puede inferir que, es desde las concepciones particulares e individuales de los estudiantes, que se deben diseñar y reorientar las acciones de enseñanza. Para una mayor ejemplificación se puede visualizar en la investigación “Desarrollo de la competencia argumentativa y su relación con los modelos explicativos del concepto de tejido muscular en el aula de séptimo grado” (Pájaro & Trejos, 2017), que para llevar al aula el concepto científico de tejido muscular, inicialmente se requirió conocer las representaciones individuales de los estudiantes frente a la temática y, con base en ellas, se procede a la elaboración de unos modelos, que posteriormente son intervenidos en un espacio en el que se favorece el aprendizaje por medio de prácticas discursivas, utilizando la argumentación como un elemento fundamental en la construcción del conocimiento científico escolar.

Conviene subrayar, que otro de los parámetros fundamentales del proceso de enseñanza, no es sólo el uso de metodologías adecuadas y/o pertinentes, sino también la selección de temáticas y la trasposición didáctica de las mismas. Sin embargo, en ciencias naturales esta tarea se hace un poco más compleja debido a la gran cantidad de contenidos temáticos y a la naturaleza de éstos.

Un término como densidad, que siempre está presente en el currículo, al ser de naturaleza abstracta y compleja, adicional a una enseñanza generalizada de tan sólo una

expresión matemática, hace que a los estudiantes se les dificulte su comprensión y por ende su aprendizaje. Por lo tanto, en los últimos años algunos investigadores en educación, han desarrollado propuestas que van orientadas a facilitar el conocimiento de este concepto; en el ensayo “Una revisión del concepto de densidad: la implicación de los conceptos estructurantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje”, por Hugo de Jesús Botero (2010); se plantean algunas dificultades e inconvenientes que tienen los estudiantes con relación a conceptos científicos, partiendo del hecho de que la escuela es el primer sitio donde los niños acceden al conocimiento científico y, por ende, se hace fundamental que en esta etapa se implemente un proceso de enseñanza aprendizaje donde los conceptos sean estructurantes y favorezcan las habilidades cognitivas y de relación con otros conceptos.

Anteriormente se mencionó la importancia reconocer y utilizar las ideas previas y representaciones del estudiante, ya que es con base en ellas, como éste da razón a fenómenos cotidianos y científicos que encuentra a su alrededor. En este orden de ideas, Andrés Raviolo, Mónica Moscato y Ana Schnersch, (2005), en el documento “Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico”, ponen en manifiesto como aún en contextos universitarios persisten dificultades y errores en el manejo del concepto científico de densidad y, desarrollan un modelo analógico como propuesta didáctica partiendo del reconocimiento e importancia de las concepciones alternativas del concepto en el ámbito escolar.

Pero no es sólo en el ámbito universitario donde se han evidenciado dificultades sino también en la educación básica, por lo que Favio Yecid Aguilar Rodríguez (2011), en “Didáctica para la Enseñanza y Aprendizaje de los Conceptos de Densidad y Presión abordados en la Educación Básica Secundaria”, hace un acercamiento epistemológico e histórico a los conceptos de densidad y presión y, a las relaciones con otros conceptos; presentando una propuesta pedagógica a partir de elementos didácticos como prácticas de

laboratorio demostrativas, modelos de comparación o símiles y la proyección de escenas claves de películas de ciencia ficción donde se enuncien conceptos físicos o fenómenos.

En la investigación denominada “Diseño y aplicación de una unidad didáctica, para la enseñanza del concepto de densidad, usando como herramienta principal un recurso TIC (vídeo)” (Maldonado, 2016), se puede observar cómo a través del diseño y de la aplicación de una unidad didáctica sobre el tema de densidad se pueden incorporar metodologías novedosas que involucren el uso de herramientas tecnológicas.

Cada uno de los estudios indicados previamente, son elementos y herramientas conceptuales que dan soporte y fundamento a la construcción del presente trabajo.

2.2 Referente conceptual

Gracias a la curiosidad y necesidad de entender el medio en el que se desenvuelve, el hombre desde su aparición en la tierra, ha intentado dar explicación a fenómenos que tiene a su alrededor (Aragón, 2004). Sin embargo, muchas de esas explicaciones han surgido más desde una perspectiva sensorial y empírica; más no, desde la base de una explicación científica.

Por lo tanto, siendo la escuela un lugar en el cual prima el desarrollo de habilidades y destrezas, se hace de vital importancia que existan espacios en los cuales se propicie la búsqueda y construcción del conocimiento, partiendo del hecho de que es a través del uso del lenguaje, como se puede comunicar, transmitir y desarrollar conocimiento sin desligarlo de la ciencia.

2.2.1 Argumentación

La argumentación entendida como una habilidad cognitivo lingüística de carácter dialéctico y dialógico (Buitrago, Mejía, & Hernández, 2013), ha estado implícitamente ligada

al proceso comunicativo e interactivo entre personas (Jiménez & Díaz de Bustamante, 2003) y ha sido vista como actividad propia del ser humano.

2.2.1.1 La argumentación históricamente.

La teoría antigua de la argumentación data su origen aproximadamente en el siglo IV a. c, cuando en la antigua Grecia, era usada como una herramienta por excelencia para tomar decisiones y discutir cuestiones políticas sobre la polis (Gercman, 2003). En este momento de la historia, la expresión oral y escrita había tomado mucha fuerza en defensa del sistema democrático y, los oradores desarrollaron una serie de estrategias argumentativas muy eficaces para lograr la adhesión de las personas a quienes dirigían sus mensajes (Marro & Dellamea, 1993), dando origen a la Retórica Clásica.

Siguiendo a Risco del Valle (2015), la teoría de la argumentación ha presentado cuatro épocas muy importantes: la fundación, determinada por la hegemonía didáctica de los sofistas; un período de madurez, que comprendería el apogeo aristotélico; un período de declive: desde comienzos del imperio romano hasta mediados del siglo XX, y, finalmente, un período de renacimiento que se da en la década de los 50, cuando se produce un giro epistemológico y se renuncia a la antigua concepción de la argumentación como “arte del discurso”, para centrarse en una concepción de la argumentación como método (Bermejo, ¿Por qué argumentar y por qué hacerlo bien?, 2011). Es en ese instante, cuando surge la teoría moderna de la argumentación con grandes expositores como Toulmin y Perelman, mostrando su interés e idiosincrasia del estudio normativo de la argumentación en el lenguaje natural y las condiciones del buen argumentar (Bermejo, 2009).

A partir de ese momento y, bajo una lógica lejana a la formal, la argumentación entra a jugar un papel fundamental en la escuela, con especial énfasis en el aprendizaje de las ciencias (Kuhn, 1991; Kuhn & Udell, 2003; Duschl, 1997; Driver & Newton, 2000;

Aufschnaiter, Erduran, Osborne, & Simon, 2007; Jimenez-Aleixandre & Erudran, 2008), estableciendo una estrecha relación con el pensamiento crítico.

2.2.1.2 Algunas perspectivas sobre argumentación

Desde la praxis la argumentación ha presentado cierta tensión, ya que teóricamente se puede presentar desde un enfoque retórico, dialéctico y lógico. Sin embargo, esta situación comenzó a cambiar, cuando en paralelo a la des legitimización de la retórica, avanza la lógica más allá de su papel como sostén exclusivo del pensamiento científico, hasta ocupar áreas del razonamiento informal y la racionalidad práctica (Warley, 2012), llevando al estudio normativo de la argumentación a espacios de lo cotidiano y común.

Según Plantin (2012), de acuerdo a la intención que tenga en su uso y aplicación, la argumentación desde su praxis puede ser vista desde las siguientes perspectivas:

- Una técnica discursiva usada por un orador u expositor, que le sirve de guía y control, buscando desde la eficacia persuasiva del mismo, la adhesión del auditorio a sus afirmaciones (Tindale, 1999). Chaïm Perelman y Lucie Olbrechts-Tyteca en 1958 con su libro *Traité de l'argumentation. La Nouvelle Rhétorique*, fueron los principales exponentes y promotores de este modelo básico del funcionamiento argumentativo, aplicado frecuentemente a la argumentación en términos jurídicos.
- Una técnica argumentativa empleada por los seres humanos en la vida ordinaria, es decir, un modelo que pretende dar cuenta de las premisas, conclusiones y evidencias usadas en el razonamiento cotidiano y práctico desde diversos campos argumentativos; un aspecto que no se consideraba dentro de los modelos formales de la lógica clásica (Antón, 2016). Este modo, no debe entenderse como opuesto al razonamiento deductivo, sino como complementario al mismo. Uno de los mayores impulsores de este enfoque fue Stephen Toulmin, cuando en el mismo año (1958) que

Perelman y Olbrechts-Tyteca, presenta el libro denominado *The Uses of Argument*, en el cual hace énfasis en el cuestionamiento de la concepción de la lógica como mera lógica formal o teoría de la inferencia formalmente válida (Bermejo, 2009).

- Un modelo práctico que combina una visión dialéctica de la razonabilidad argumentativa con una visión pragmática de los movimientos realizados en discursos argumentativos (Van Eemeren & Houtlosser, 2003), éste enfoque tiene por objetivo resolver racionalmente una diferencia de opinión, interesándose por las reglas o los procedimientos que se requieren para que la argumentación se efectúe correctamente y logre sus objetivos de resolver disputas y promover las discusiones críticas (Tindale, 1999).
- Una técnica discursiva que tiene como fundamento que toda emisión lingüística debería ser considerada por la manera y los recursos semánticos usados para conectar un enunciado con otro buscando un cometido argumentativo. Oswald Ducrot y J.-C. Anscombe, con su libro *L'Argumentation dans la langue*, fueron grandes expositores de esta perspectiva (Fiorin, 2014).

2.2.1.3 Modelo argumentativo de Toulmin y su importancia en la escuela

En el apartado anterior se exponen algunas de las principales perspectivas de la argumentación, sin embargo, es importante expresar que en la investigación se toma como referencia el modelo argumentativo planteado por éste.

Algunos referentes muestran que en la década de los 50's, en cuanto a argumentación se refiere, ocurrió un fenómeno muy interesante; ya que, desde diferentes lugares y bajo perspectivas distintas, se retoma el estudio de éste tema, dado que había estado olvidado tiempo atrás.

Mientras Stephen Toulmin creía que estaba innovando en su estudio, al llevar la argumentación a campos lejanos de los modelos formales de la lógica clásica, Chaïm

Perelman y Lucie Olbrechts-Tyteca retomaban la retórica como componente fundamental del discurso jurídico. Sin embargo, en cuanto a Toulmin se refiere, no fue el aspecto de la lógica de su propuesta argumentativa la que tuvo un impacto importante sino el modelo argumentativo planteado.



Figura 1 Modelo argumentativo propuesto por Toulmin.

Fuente: Ángela Buitrago, Neisa Mejía & Rubinsten Hernández, (2013)

El modelo propuesto mostrado en la Figura 1, se resume en un esquema básico de encadenamiento de datos que dan fundamento a una conclusión, en el cual se pueden incorporar garantías, sustentos teóricos, cualificadores modales y refutaciones; este modelo se convierte en una célula básica que permite que el argumento sea examinado desde su contenido y no únicamente desde la forma o estructura.

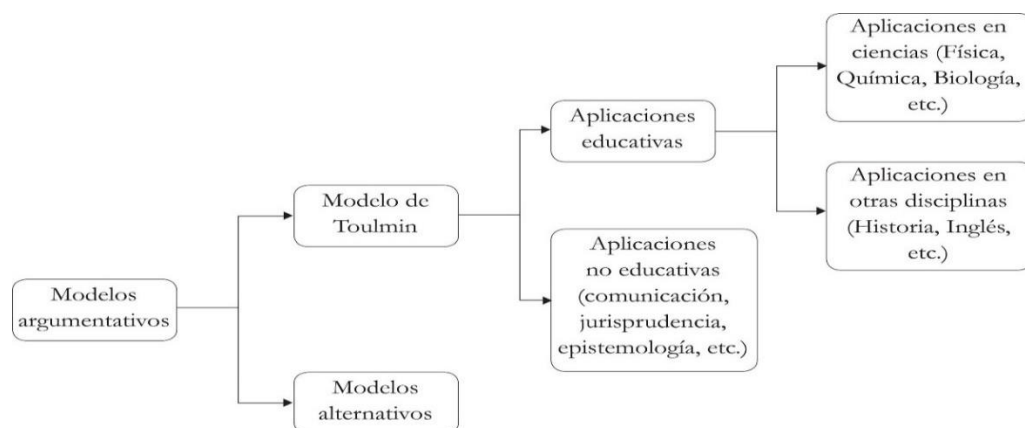


Figura 2 Visión esquemática del modelo de Toulmin y su aplicación en educación

Fuente: Jorge Pinochet, (2015).

Dicho esquema ha sido de gran importancia en educación (Figura 2), ya que múltiples investigadores lo han utilizado para construir rúbricas que han sido llevadas al aula de clase para analizar y evaluar desde la estructura argumentativa de los estudiantes, la manera como se funda el conocimiento.

Tabla 1 *Rejilla de orientación para ubicar los niveles argumentativos.*

Fuente: Adaptación a la rejilla establecida por Ruiz (2015)

Nivel Argumentativo	Característica del Nivel (Elementos estructurales del argumento y relación de dichos elementos con el concepto)
1	Elementos estructurales: sólo datos o conclusión. Relación: Poca o ninguna.
2	Elementos: Datos y una o más conclusiones Relación: Poca o ninguna.
3	Estructura: Datos y una o más conclusiones Relación: Fuerte.
4	Elementos: Datos, una o más conclusiones y al menos una justificación Relación: Poca o ninguna.
5	Elementos: Datos, una o más conclusiones y al menos una justificación Relación: Fuerte.
6	Elementos: Argumentos en los que se identifican con claridad los datos, conclusiones, justificaciones y/o refutaciones. Relación: Fuerte.
7	Elementos: Argumentos constituidos por datos, conclusiones, justificaciones y respaldo teórico, Relación: Fuerte.
8	Elementos: Argumentos en los que se identifican datos, conclusiones, justificaciones, respaldos, contraargumentos y cualificadores, Relación: Fuerte.

Como ejemplo de lo anterior, en la Tabla 1, se toma como referencia la escala establecida por Ruiz (2015) que surge como una adaptación de los niveles argumentativos definidos por Erduran, Osborne, & Simon (2004), en la cual no sólo se tiene en cuenta los elementos (datos, conclusiones, justificaciones, respaldos, contraargumentos y cualificadores) que hacen parte de la estructura argumentativa de Toulmin, sino que además

se evalúa la fuerza del argumento a partir de la relación entre dichos elementos estructurales y la correspondencia de estos frente al concepto trabajado.

2.2.1.4 El papel de la argumentación en el aula

Actualmente la argumentación se ha constituido en el eje central de muchas áreas del conocimiento que se fundamentan en el discurso (Rodríguez L. , 2008), sin embargo tiene un capítulo especial en pedagogía dada la importancia que reviste la elaboración de argumentos coherentes y con significado en la construcción del conocimiento.

La argumentación en el aula de ciencias, entendida como un complejo proceso cognitivo en el cual se relacionan diferentes elementos y se evalúan enunciados (Jiménez & Díaz de Bustamante, 2003), reviste gran importancia dentro del proceso educativo dado que permite establecer vínculos y relaciones entre los fenómenos, evidencias, modelos y explicaciones (Ardúriz, y otros, 2005), del conocimiento científico. Ésta, tiene como objetivos: ayudar a desarrollar la comprensión de los conceptos científicos, ofrecer una visión que permita entender mejor la ciencia y formar un alumnado crítico de manera que puedan tomar decisiones en su vida como ciudadanos (Newton, Driver, & Osborne, 1999).

Con base en lo anterior, el desarrollo de esta competencia cognitivo lingüística, de carácter dialógico y dialéctico, facilita la alfabetización y construcción de la ciencia, lo que conlleva a que sea reconocida como una herramienta potente dentro del aula.

La argumentación como actividad social, intelectual y verbal (Ardúriz, y otros, 2005), en muchos casos se desliga de la naturaleza del conocimiento científico; lo que se hace evidente, cuando se solicita a un estudiante la explicación de un fenómeno cotidiano pero que sea respaldado sólo a través de la ciencia, un buen número de ellos, exhibe una manifiesta incapacidad para utilizar los conocimientos (Tamayo, 2011) y, construir una estructura

argumentativa lógica y coherente que pueda servir como sustento de la explicación solicitada. Esto producto de la falta de educación científica en los estudiantes, de prácticas educativas que no promueven el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas; además de representaciones propias de cada individuo que han sido construidas a lo largo de su vida (desde lo cotidiano y lo escolar), pero que en muchos casos traen consigo errores conceptuales instalados, que influyen en elaboración de procesos argumentativos adecuados.

2.2.2 Representaciones y modelos

Desde que el ser humano comienza su desarrollo físico y cognitivo, tiene a su alrededor variedad de circunstancias y situaciones que conllevan a que éste construya sus propias representaciones y símbolos del entorno que lo rodea. Sin embargo, desde hace algún tiempo, la psicopedagogía ha estado enfocada en desarrollar investigaciones que le permitan estudiar y comprender la génesis individual a través de la cual el ser humano construye dichas representaciones o modelos particulares (Aguilera & Ortiz, 2009). Entendiendo el término “modelo” como aquellas representaciones, conjunto de signos o símbolos, sobre objetos, imágenes, ideas, fenómenos, situaciones, sistemas, aparatos, etc.; que son elaborados por el individuo con un propósito específico (Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000).

Concretamente los modelos funcionan como instrumentos que la persona construye y utiliza según el entorno en el que se desenvuelve. En muchos casos, éstos; pueden exhibir una ligera relación como también, una independencia con respecto a la entidad sobre la que operan; sin embargo, se utilizan para re-presentar la realidad que el sujeto ha construido de dicha entidad (Justi, 2006).

2.2.2.1 Modelos mentales

Previamente se presentó el término modelo; sin embargo, cuando se trata de las representaciones “internas” que el individuo construye para comprender el entorno exterior y

que constituyen una re-presentación de su mundo, se conocen como “modelos mentales” (Moreira & Greca, 2002).



Figura 3 Un modelo para la construcción de modelos mentales

Fuente: Rosária Justi & John Gilbert (2006).

Estos modelos son elaborados por las personas con el propósito de interpretar y comprender desde un análogo estructural (Nersessian, 1992) las cosas, los fenómenos, las situaciones, etc.; a las que se enfrenta desde diferentes ámbitos (Rodríguez, Marrero, & Moreira, 2001). No son estáticos ni definitivos, por el contrario son dinámicos, pueden cambiar, reafirmarse o simplemente dejarse de lado, tan solo por la interacción con el entorno y con otros (Orrego, Tamayo, & Ruiz, 2016).

Por otro lado, el proceso de generación de los modelos se convierte en una actividad compleja que no sigue un patrón específico, ya que implica integrar y relacionar información, buscando dar sentido y comprensión profunda a los elementos (objeto, fenómeno, situación, etc.). En la Figura 3 se muestra un esquema de cómo se produce el proceso de modelación a partir de un origen (lo vivido) y/o una experiencia (sensorial).

2.2.2.2 Importancia de los modelos mentales en la enseñanza de las ciencias

En las últimas décadas al igual que la argumentación, temas como la elaboración y el comportamiento de los modelos mentales que construyen y poseen los estudiantes, han sido temas que han cautivado a investigadores (Nersessian, 1992; Rodríguez, Marrero, & Moreira, 2001; Justi & John, 2002; Moreira & Greca, 2002; Tamayo, 2013; entre otros) dado el impacto que tienen en el proceso de enseñanza y aprendizaje, al determinar la validez de los modelos usados en las aulas, su contribución con el lenguaje y conocimiento científico y, el mejoramiento en la comprensión de las temáticas tratadas hasta lograr un aprendizaje profundo (Tamayo, 2013).

En este punto, las ideas previas de los estudiantes juegan un papel fundamental e indispensable, ya que a partir de éstas, se pueden determinar los contenidos y la metodologías de enseñanza (Justi, 2006). Y además, cómo a través de un proceso de modelización se pueden identificar los posibles obstáculos o las representaciones alternativas que poseen los estudiantes, las cuales servirían de materia prima y punto de partida para re-orientar la transposición didáctica.

El fin último de la enseñanza es lograr que los estudiantes aprendan lo que se les enseña, siguiendo a Justi (2006), expresa que para que haya lugar al aprendizaje se requiere tanto del la construcción de los modelos así como también el uso que se haga de los mismos. Pero desafortunadamente y, debido a la fuerte influencia de la enseñanza tradicional, históricamente no se ha favorecido el reconocimiento y la construcción de modelos mentales

por parte de los estudiantes, lo que ha determinado la instalación y subsistencia de errores conceptuales en la enseñanza de las ciencias.

2.2.2.3 Modelos explicativos y modelos alternativos en el aula de ciencias

Hablar de un aula de clases, hace referencia a un espacio en el cual se lleva a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje, a partir de la interacción entre individuos y de la mezcla de una serie de elementos que se hacen indispensables para ejecutar dicho proceso.

Dentro de las prácticas más comunes que se llevan a cabo al interior de un aula de ciencias, es solicitar a un estudiante la explicación a un fenómeno, situación o hecho; con el fin de construir conocimiento científico escolar. Sin embargo, cabe aclarar varias situaciones frente a este escenario, ya que existe una enorme diferencia entre lo que el sujeto piensa e interpreta internamente, y otra cosa cuando lo entiende y lo trata de comunicar o expresar a otro:

- Es claro que un individuo construye sus propios modelos mentales a partir de la interacción con el entorno y con otros. Por ende, en el momento de elaborar la respuesta ante la explicación solicitada, se hace imposible desligar las representaciones que el estudiante ha construido y, que han sido resultado de sus experiencias, vivencias, creencias y escolaridad; en general... de su vida.

- El lenguaje como capacidad del ser humano, con la cual puede expresar y comunicar sus propias representaciones internas, es el medio que se utiliza para expresar la explicación. No obstante, dado que el lenguaje científico no es unívoco, diferentes personas pueden asignar significados distintos a un mismo término (Jiménez & Díaz de Bustamante, 2003), y con ello expresar lingüísticamente perspectivas explicativas que no son las más acertadas científicamente.

- Para elaborar una explicación se hace necesario que exista cierta comprensión del concepto, lo que implica que haya una estructura cognitiva ya establecida (Orrego, Lopez, & Tamayo, 2013).

En definitiva, para construir una explicación ante un fenómeno que es soportado por la ciencia, se requiere de una modelización, que permita hacer explícito el concepto; elaborando una representación mental del fenómeno, para así poder comprender y luego explicar algo del mismo (Garcia, 2016), haciendo uso del lenguaje para exteriorizarlo, transmitirlo y comunicarlo, lo que se denomina modelo explicativo. Bajo esta mirada, la explicación científica se puede considerar uno de los principales problemas de la escuela, ya sea desde lo normativo o desde lo fáctico (Concari, 2001).

Sin embargo, muchas de las representaciones mentales que el estudiante construye, las hace a través de manera espontánea, inconsciente y alejada de la realidad científica, pero que internamente relaciona, le da sentido y expresa; por lo que son conocidas como concepciones o modelos alternativos. A partir de ésta noción, se ha logrado reducir la pesada carga impuesta por los formalismos que supuestamente se han de seguir cuando se hace ciencia escolar (Adúriz & Izquierdo, 2009). En este punto, se deja de lado la reproducción de datos, fechas, autores y teorías, que sólo se aprendían de forma repetitiva y memorística, para dar al estudiante la oportunidad de revisar sus preconceptos, explorar la teoría y con ello poder construir su conocimiento a partir de sus propias representaciones o concepciones construidas desde cualquier ámbito, que le permitan comprender, comunicar y dar explicación a los fenómenos que día a día tiene en su entorno.

2.2.2.4 Los modelos explicativos en la construcción de la ciencia escolar

El conocimiento científico se puede lograr a partir de ingresar gradualmente nuevas ideas que son adicionadas a las ya existentes (Orrego, Tamayo, & Ruiz, 2016), por lo tanto se hace de vital importancia que los docentes reconozcan las ideas previas, los modelos

explicativos y/o alternativos, a partir de los cuales los niños y jóvenes cimientan su propio conocimiento de la ciencia, para que de manera progresiva se le brinden desde el aula una serie de elementos teóricos y prácticos apropiados, para que ellos mismos puedan movilizar sus modelos explicativos alternativos a la cercanía del conocimiento científico escolar y de esta forma apropiarse de él de manera permanente. Con ello, se mitigaría el problema habitual que se presenta en las aulas al tener profesores que explican o enseñan conceptos (como por ejemplo: energía cinética, enlace covalente, fotosíntesis o densidad) donde los estudiantes en realidad aprenden una lista de datos, que se limitan memorizar o reproducir (Pozo & Gómez, 2006), sin trascendencia y aplicabilidad.

De acuerdo con lo anterior, el uso de modelos se entiende como un proceso propio de la ciencia, dado que la creación de modelos o modelización científica, consiste en la construcción de representaciones mentales con las que se busca comprender un fenómeno científico, e intrínsecamente involucra procesos argumentativos con los cuales se pueda explicar o dar cuenta de los mismos (Adúriz & Izquierdo, 2009).

2.2.3 Densidad, una propiedad de la materia

Históricamente la densidad es un término que desde la Química y la Física, ha sido definida como una propiedad específica e intrínseca de la materia, que representa la relación existente entre la masa y el volumen de un cuerpo, sin embargo; a pesar de que la mayoría de las fuentes exhiben claramente la expresión matemática con la cual se puede hallar su valor numérico; si se trata de ubicar evolutivamente el concepto, gran parte de esas referencias serían insuficientes para tal propósito. ¡Eureka, eureka!, aquella frase famosa de Arquímedes, es quizás el punto de partida para la construcción del mismo.

2.2.3.1 El concepto de Densidad históricamente

Para hablar sobre densidad, indiscutiblemente nos debemos remontar a aquella época en la cual se da inicio a la ciencia como un fenómeno cultural (Del Rio, 2017), porque es allí; en la antigua Grecia, cuando se discutían situaciones como: ¿Qué ocurre si dividimos la madera en muchas partes? ¿Se puede llegar hasta un punto en el cual ya no se puede seguir dividir más o podríamos seguir haciéndolo sin parar?; dónde se establecen algunos conceptos que según Mosterín (2003) le contribuyeron poco al desarrollo de las ciencias en ese momento; pero que, indiscutiblemente sentaron las bases fundamentales para se comenzara a hablar sobre la estructura de la materia y, con las que siglos después se dio inicio a la construcción colectiva del concepto de átomo.

En el siglo V a. C ya se hablaba de la materia, y es allí cuando Leucipo de Mileto y Demócrito de Abderá, introducen el concepto de átomo como aquella partícula fundamental e indivisible de la materia, que presentaba un movimiento perpetuo (Maldonado, 2016). En ese momento, también surgen otras tendencias como las de Empédocles y Aristóteles con la doctrina de los cuatro elementos esenciales de la materia (tierra, fuego, aire y agua) y una concepción continua de la misma (Badía, 2013), o la de Anaxágoras que expresó que “nada se crea ni desaparece, sino que las cosas ya existentes se combinan y, luego de nuevo se separan” (Tamir & Ruiz Beviá, 2005).

Alrededor del siglo IV a. C, ya eran conocidos algunos elementos y aleaciones metálicas, y es justo en el III a. C cuando el Rey Hierón II, quien gobernaba Siracusa, le solicita ayuda a Arquímedes para conocer si su corona era de oro puro o contenía algún otro metal. Éste gran matemático y pensador, en su afán de complacer al Rey, encuentra en un baño de tina las posibles respuestas que necesitaba y que le podían dar argumentos para resolver el interrogante planteado. A partir de las observaciones hechas en el baño de tina,

Arquímedes establece su principio que expresa “todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido, líquido o gas, experimenta un empuje vertical y hacia arriba, igual al peso del volumen del fluido desalojado en la inmersión” (Parra, 2009), y junto a él una serie de postulados y proposiciones, que se pueden determinar como el sustento para la construcción del concepto de densidad. Gracias a este planteamiento, Arquímedes descubre e informa al Rey que su corona es una mezcla de oro y otros metales ligeros.

Todo el auge de esta época con respecto a la materia, su estructura y propiedades, entra en una época de enfriamiento y sólo es hasta mediados del siglo XVII que se retoman algunas de las temáticas relacionadas; es allí cuando Newton involucrando el término densidad (ρ), da una definición operativa de la masa como $m = \rho \cdot V$, estableciendo que la medición aporta la cantidad de materia o sustancia que hay en un cuerpo (Tamir & Ruiz Beviá, 2005). Posteriormente, Antoine Laurent Lavoisier con su investigación sobre las transformaciones químicas, llega a la conclusión que en una reacción química ordinaria, la masa total del sistema permanece constante o la denominada Ley de conservación de la materia (Maldonado, 2016). Sin embargo, se debe recordar que aunque es a Lavoisier al que se le atribuye este enunciado; Anaxágoras ya había mencionado quizás con otras palabras y muy sutilmente este postulado.

Unos años más tarde, se continúa el estudio sobre las reacciones químicas y, Claude Louis Berthollet y Joseph Louis Proust, pretenden determinar si un compuesto está formado por dos o más átomos y, si éstos conservan proporciones fijas o existe una dependencia según el método que se utilice para la preparación del compuesto. Berthollet se inclinó por pensar que el método de preparación influía, mientras que Proust con un análisis profundo, demostró que el método no tenía ninguna influencia y planteó la Ley de Proporciones Definidas que establece “todos los elementos de un compuesto se encuentran en proporciones definidas,

independiente de las condiciones en las que haya sido formado” (Izquierdo, Peral, De la Plaza, & Troitiño, 2013).

A inicios del siglo XIX, Dalton con base en los estudios Proust, pudo comprobar que dos elementos que hacen parte de un compuesto pueden encontrarse en proporciones diferentes, la denominada, Ley de las proporciones múltiples.

A partir de la ley anterior y la de proporciones definidas, Dalton retoma la estructura interna de la materia; es entonces cuando, presenta su teoría atómica siguiendo las nociones atomistas. Los átomos de Dalton tenían cierta correspondencia con la teoría de Demócrito al considerarlos partículas indivisibles, además pensaba en la existencia de compuestos binarios y hasta terciarios. En sus postulados se incluía la relación de las masas de los átomos según su naturaleza.

Alrededor del año 1787, Jack Charles estableció la relación entre el volumen y la temperatura de un gas, cuando había otras condiciones constantes como la presión. Mientras que unos años más tarde, Gay Lussac estudiaba la relación entre la temperatura y la presión de los gases a volúmenes constantes. Avogadro “observó que “bajo las mismas condiciones de temperatura y presión, volúmenes iguales de cualquier gas, contienen el mismo número de moléculas” (Muñoz Bello & Bertomeu Sánchez, 2003, pág. 152). Con los postulados anteriores se pudo llegar a la determinar que la temperatura y la presión eran variables que afectaban la densidad de las sustancias.

Posteriormente, a pesar que unos años atrás Plucker ya había comenzado a hablar sobre la existencia de los rayos catódicos, a principios de 1898 Joseph John Thomson realiza una serie de experimentos que le permiten obtener información sobre la naturaleza de los rayos catódicos, determinar la razón masa/carga (m/e) de los mismos e identificar unas partículas universales con carga a las que llamó corpúsculo y hoy conocemos como

electrones (Páez, Rodríguez, & Niaz, 2004). A partir de esto, propone un modelo atómico en el que había una nube con carga positiva e inmersa en ella los corpúsculos distribuidos de manera uniforme. Pero a inicios del siglo XX, uno de los discípulos de Thomson iba a contradecir lo expuesto por su maestro; Ernest Rutherford, con base en una serie de experimentos y continuando con el uso de los rayos catódicos, pudo establecer que el átomo no era una esfera cargada positivamente en la cual estaban inmersos los electrones, sino que había un núcleo compacto cargado positivamente y alrededor de este orbitaban a distancias microscópicas pero muy grandes, los electrones (Maldonado, 2016).

Todos estos hallazgos además de las leyes de Newton y de la termodinámica, sirvieron de sustento para que Niels Bohr alumno de Thomson y Rutherford, comenzara sus investigaciones, sobre el motivo por el cual los electrones al estar en movimiento no perdían energía hasta precipitarse al núcleo. Después de retomar algunos estudios, leyes y experimentos utiliza la constante de Planck e interpreta correctamente el espectro emitido por el átomo de Hidrógeno, determinando la frecuencia de radiación que emite un electrón al pasar de un nivel a otro, y con ellos concluir que un electrón se encuentra restringido a ciertos niveles de energía, sin embargo, puede trasladarse de un nivel a otro absorbiendo o emitiendo un espectro discreto de radiación, en la cual dicha energía discontinua es igual a la diferencia de energía entre los dos niveles (Valles, 2013). A partir de este momento aparecen una serie de químicos y físicos interesados por profundizar cada vez más en la estructura de la materia, y es así como se da un amplio desarrollo de la mecánica cuántica.

De esta manera, al estudiarse la estructura de la materia, del átomo y de las reacciones que conllevan a formar diferentes compuestos, se dio el sustento para la construcción del concepto de densidad, ya que permite comprender como a través de la estructura, dinámica y comportamiento de los átomos, una misma cantidad de materia de diferente naturaleza puede ocupar espacios diferentes, determinando así, que tan compactos se encuentran los átomos o

moléculas de un compuesto. Esta propiedad tiene ciertas características como: no cambiar con la cantidad del compuesto, ser propia de cada sustancia y verse afectada por condiciones como la temperatura y la presión.

2.2.3.2 El concepto de densidad en la escuela

Tomando específicamente la densidad como uno de los temas que siempre está presente en los planes o currículos académicos de Ciencias Naturales en la escuela, para Gabel y Bunce (1994), la naturaleza abstracta de este concepto y limitar su enseñanza tan sólo al uso de una expresión matemática que relaciona la masa de un objeto o sustancia con su volumen, son las principales causas de la falta de comprensión que se observa en los estudiantes y, la razón por la cual se debe recurrir a algoritmos para resolver problemas relacionados con ésta temática. Es por ello que algunas investigaciones recientes apuntan a desarrollar en el aula, unidades didácticas en pro de metodologías que mitiguen la falta de comprensión y aprendizaje del concepto, ejemplo de lo anterior es el trabajo realizado por Raviolo, Moscato, & Schnersch (2005) denominado “Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico”, el cual parte de las concepciones alternativas de los estudiantes frente al concepto y por medio de un modelo de analogías buscan comunicar conceptos nuevos y/o abstractos, como el de la densidad. También se puede revisar el trabajo realizado Maldonado (2016) “Diseño y aplicación de una unidad didáctica, para la enseñanza del concepto de densidad, usando como herramienta principal un recurso TIC (vídeo)”, en el cual se da a conocer el diseño y la aplicación de una unidad didáctica que permita a través de medios audiovisuales introducir el tema de densidad en el marco de la dinámica de los fluidos.

2.2.3.3 Origen de las concepciones alternativas del concepto de densidad

Algunas concepciones alternativas que se observan frecuentemente en los estudiantes son originados por diferentes causas, es con base en éstas como cada individuo construye sus propios modelos y a partir de los mismos se desenvuelve en diversos espacios.

Siguiendo a Pozo & Gómez (1998), se distinguen tres tipos de concepciones de acuerdo al origen de las mismas:

- Las concepciones espontáneas o de origen sensorial basadas en la interacción cotidiana con los objetos, por ejemplo la sensación de tener un pedazo de plastilina en la mano, comenzar a manipularla sin perder ningún pedazo, sin quitarle o añadirle más, hasta lograr que quede completamente aplastada, la sensación de ésta es que va a quedar “más liviana”, que el pedazo original. Siendo un error ya que nunca se cambió la cantidad de materia, sólo su forma y por ende sus propiedades no cambian.
- Las representaciones sociales o de origen cultural que se construyen a partir de la interacción con el entorno, por ejemplo la influencia y el uso del lenguaje, en las ciencias, la exigencia del lenguaje es tal, que puede limitar la adquisición del conocimiento y hacer que predomine el lenguaje común, sólo con el fin de mejorar la comprensión de las temáticas, así como los distintos significados que se dan en el ámbito común y cotidiano a los términos densidad o denso: “pesado”, “viscoso”, “apretado”, “numeroso”, “opaco”, “espeso” (Llorens, De Jaime, & Llopis, 1989).
- Las concepciones analógicas o de origen escolar, basadas en construir un nuevo conocimiento a partir de semejanzas o analogías con otro concepto que ya estructurado.

2.2.3.4 Modelos explicativos del concepto de densidad.

A partir de la investigación académica realizada por Raviolo, Moscato, & Schnersch (2005), estos autores encontraron que es evidente en el marco disciplinar de las Ciencias, que conceptos como el de densidad, aún en espacios universitarios, los estudiantes exhiban dificultad para comunicar la comprensión del concepto y su aplicación en situaciones en las cuales éste tiene aplicabilidad, limitando en muchos casos su comprensión al uso de la expresión matemática. Algunas de estas dificultades expuestas por Raviolo et al. (2005), evidencian la necesidad de intervenir situaciones como la confusión de los términos peso y viscosidad con densidad; desconocer la influencia de la temperatura y la presión en esta propiedad, entre otras. Después de la revisión histórica y epistemológica de este concepto se construyen unos modelos explicativos que se pueden identificar en la Tabla 2.

Tabla 2 Modelos explicativos sobre densidad y su caracterización.

Fuente: Construcción propia con base en Raviolo et al. (2005)

Modelo Explicativo	Descripción de la característica	Obstáculos del modelo
Empírico	1. Atribuye sólo la masa o el volumen, como densidad.	No diferencian los conceptos masa, volumen y densidad: atribuyen características de uno a otro
	2. Considera la densidad como propiedad General de la materia.	No la asocian como una propiedad característica de una sustancia, que permite diferenciarla de otras sustancias
Proporciona-lidad	1. Reconoce la densidad como la relación entre la masa y el volumen.	Relacionan a la densidad con una de las variables (masa o volumen) y no la reconocen como la relación entre dichas variables
	2. Propiedad intensiva de la materia.	Considera que la densidad es una propiedad extensiva, o sea que cambia con la cantidad de materia.
	3. La temperatura y la presión afectan a la densidad.	No tienen en cuenta la influencia de la temperatura (o la presión en los gases) sobre la densidad
	4. Cambios de forma son cambios de densidad.	Confunden cambios de forma con cambios de volumen y, por lo tanto, con cambios de densidad.
Analógico	1. Conceptos como peso y viscosidad son sinónimos de la densidad.	No diferencian los conceptos de peso, viscosidad y densidad.

Capítulo III

3. Marco Metodológico

En el siguiente capítulo se presenta el marco metodológico que describe en diferentes apartados el tipo, enfoque y diseño de la investigación, además de la unidad de trabajo, la unidad y el plan de análisis, así como los instrumentos para recolección de datos.

3.1 Tipo de investigación

Comprender los problemas educativos desde el panorama del actor, estableciendo una serie de relaciones entre el investigador con los sujetos de estudio, para entender las acciones que se dan dentro del aula; es lo que ha generado la necesidad de realizar investigaciones escolares desde una perspectiva cualitativa (Munarritz, 1992).

Con base en lo anterior, la investigación se aborda desde el predominio de dicho paradigma, esto debido a que la intencionalidad de la misma es describir y comprender situaciones que se dan dentro del contexto natural (Rodríguez, Gil, & García, 1996) al interior de un aula de clase en el desarrollo inherente del proceso enseñanza – aprendizaje. Además, se infiere una relación directa entre diferentes actores. Bajo esta premisa se propende por el intercambio de ideas, experiencias y oportunidades, que legitimen el conocimiento y conlleven a favorecer el desarrollo de habilidades y destrezas.

En este caso, se tiene en cuenta que investigar en el aula de forma cualitativa, permite plantear soluciones, alternativas y dinámicas que pueden reorientar metas tanto educativas como sociales. Durango (2016), indica que la escuela como centro de la investigación cualitativa apunta a una educación omni-comprensiva, analítica, participativa e inclusiva; ya que es a través de la interacción que se establece entre investigador y contexto, como se da la observación e interpretación a profundidad de los fenómenos, problemas y particularidades

de la escuela y del aula; que posibilitan conocer la realidad de cada grupo e institución, y a partir de ello comprender, analizar y transformar los diferentes procesos.

Rodríguez, Gil, & García (1996) plantean que en un paradigma cualitativo, “los observadores competentes y cualificados pueden informar con objetividad, claridad y precisión acerca de sus propias observaciones del mundo social, así como de las experiencias de los demás” (p.62). En consecuencia, los resultados de la investigación educativa, generan momentos de reflexión, que apuntan a establecer diferentes propuestas que pueden ser llevadas a otros espacios y así viabilizar prácticas educativas en ciencias, que rompan las estructuras tradicionales y transmisionista, siendo otra de las intencionalidades de la presente investigación.

Es importante tener claridad que también se incorporan algunos elementos cuantitativos única y exclusivamente con el fin de analizar y comprender más a profundidad los resultados obtenidos.

3.2 Carácter de la investigación cualitativa

La presente investigación predominantemente cualitativa, se aborda con un enfoque descriptivo – comprensivo.

Descriptivo, porque se desarrolla dentro del contexto habitual de un aula de clase de ciencias, el cual tiene como propósito describir el fenómeno que se presenta cuando se aplica una propuesta didáctica que involucra el desarrollo de procesos argumentativos y el uso de modelos explicativos que presentan los estudiantes frente al concepto de densidad, sin ahondar en otros elementos propios del desarrollo típico de la clase.

Y comprensivo, porque a partir de los datos recolectados se pretende comprender la singularidad de los estudiantes (Martínez Rodríguez, 2011), y entender qué tipo de relación se establece entre el desarrollo de procesos argumentativos y los modelos explicativos del concepto de densidad.

3.3 Diseño de la investigación

El trabajo investigativo fue desarrollado en tres momentos que se pueden visualizar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.4.**

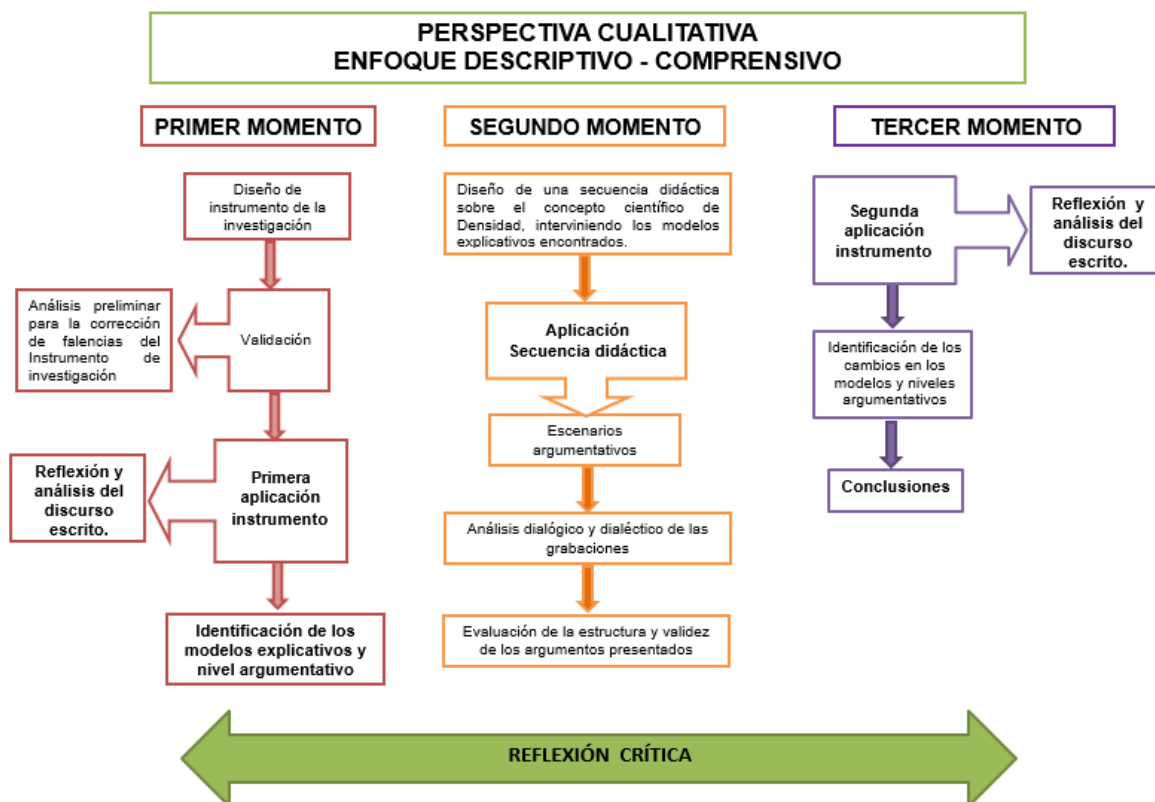


Figura 4 Diseño de la investigación

Fuente: Construcción propia

Además descritos a continuación:

3.3.1 Fase inicial o momento 1.

Consistente en el diseño de un cuestionario de pregunta abierta que contextualizaba algunas situaciones comunes y cotidianas que pueden ser argumentadas científicamente haciendo referencia al concepto de densidad.

Éste instrumento se sometió a una revisión por dos expertos antes de ser aplicado; además, se llevó a una validación, donde aleatoriamente se seleccionaron algunos estudiantes

de un grupo externo para que lo resolvieran; con el fin de analizar las respuestas, encontrar posibles errores en la estructura de las preguntas y ajustar el instrumento.

Posteriormente, se produjo una validación con un grupo de 6 estudiantes del mismo nivel académico y grado pero, que no hacían parte del grupo estudio, con el fin de encontrar posibles falencias en la estructura de las preguntas diseñadas. Después de la revisión y de la validación en la cual se reorientó una pregunta del cuestionario, éste fue llevado al grupo de estudio para realizar la aplicación.

Los datos recolectados fueron transcritos para proceder a la reflexión y análisis del discurso que buscó identificar los posibles obstáculos frente al concepto, así como tener un acercamiento a los modelos explicativos (Tabla 2) exhibidos y a la estructura argumentativa (Tabla 1) en relación con el concepto de densidad.

3.3.2 Fase de intervención.

La intervención se realizó a través de una secuencia didáctica diseñada según el modelo de planeación didáctica (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**5) propuesta por Díaz Barriga (2013), adaptada a los formatos de la Institución Educativa Popular Diocesano y aplicada con el fin de intervenir los modelos explicativos hallados en la fase inicial y propiciar espacios argumentativos. Ésta se desarrolló dentro del transcurso normal de las clases de química de grado décimo y tuvo una duración de 6 sesiones.

Contenía actividades (ver Anexo 2) como lecturas, laboratorios, ejercicios prácticos, tanto individuales como grupales; sin embargo, en ella se explicitaba la promoción y evaluación de procesos argumentativos en clase, generando momentos de debate, discusión y reflexión en subgrupos de 5 integrantes y en el grupo total. Dentro de los cuales los estudiantes de manera espontánea presentaban sus opiniones frente a situaciones planteadas en la secuencia y que posteriormente debían defender y/o refutar, denominados “momentos argumentativos”.

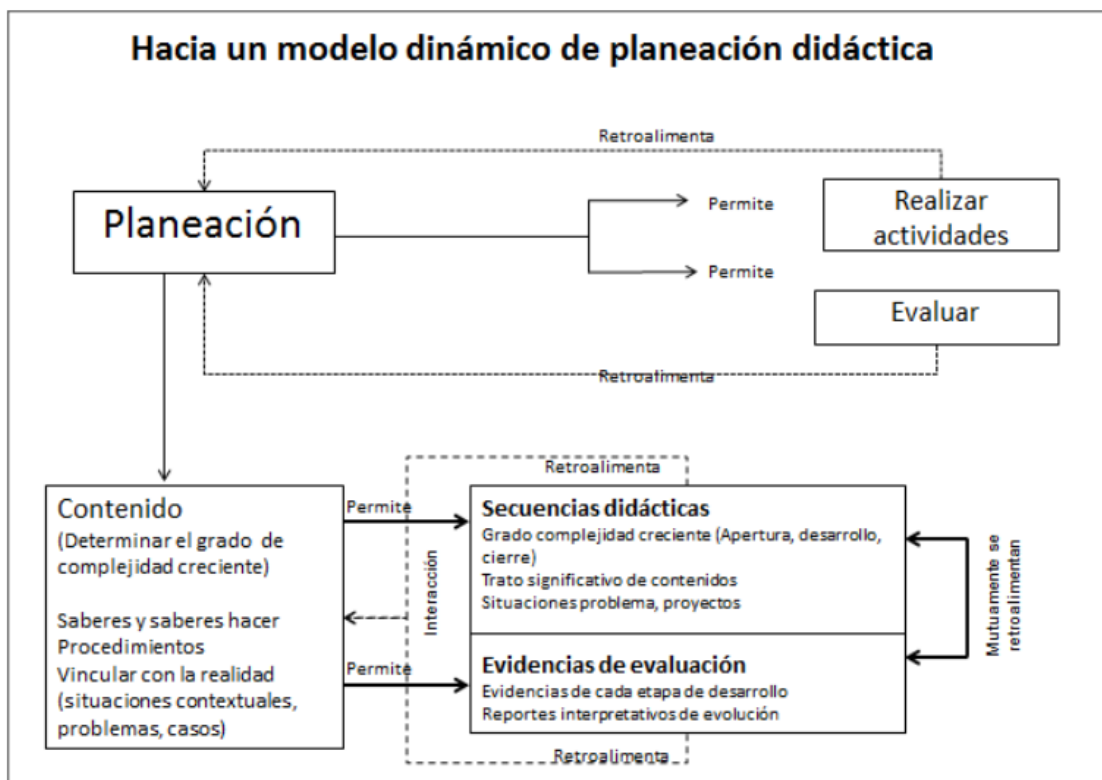


Figura 5. Modelo dinámico de planeación didáctica

Fuente: Ángel Díaz Barriga, (2013)

De todos los datos recolectados en el transcurso de la secuencia didáctica, la prioridad en cuánto al análisis, la tienen los datos recolectados a través de los escenarios argumentativos, que son transcritos con el fin de realizar una reflexión y análisis del discurso, tanto de los modelos explicativos y los niveles argumentativos de los estudiantes en escenarios de debate y discusión.

3.3.3 La fase final o momento 3.

Posterior a la aplicación de la secuencia didáctica, la fase final consistió en una nueva aplicación del instrumento mencionado en la fase inicial.

Con los datos obtenidos después de la segunda aplicación, nuevamente se procede a un análisis del discurso posterior a la intervención didáctica, buscando identificar los modelos explicativos exhibidos, la estructura argumentativa, así como los obstáculos persistentes y,

los cambios presentados con respecto a la fase inicial tanto en los esquemas argumentativos como en los modelos explicativos. Para proceder a identificar y establecer las posibles relaciones entre ambas categorías.

3.4 Unidad de trabajo

El estudio se desarrolló con 30 jóvenes pertenecientes al grado décimo de la Institución Educativa Popular Diocesano, una institución de carácter público del municipio de Dosquebradas, Risaralda. El grupo seleccionado estaba conformado por 18 hombres y 12 mujeres, entre las edades de 14 a 16 años, provenientes de diversos sectores y estratos socioeconómicos, tanto del municipio de Dosquebradas como de Pereira.

A pesar de la variabilidad sectorial y económica, el grupo exhibía cierta homogeneidad en su rendimiento académico y comportamiento social, probablemente debido a que pasan por un proceso de selección en grado noveno, ya que paralelamente a su educación media desarrollan educación técnica en la modalidad de Sistemas avalado por el SENA.

Para las fases inicial y final, se tuvo en cuenta la totalidad de los estudiantes del grupo. En la intervención con la secuencia didáctica participaron los 30 estudiantes, sin embargo, para el análisis de esta fase, únicamente se tuvieron en cuenta dos estudiantes que fueron seleccionados bajo criterios relacionados con aspectos argumentativos como asistencia a todas las sesiones, participación activa, desarrollo de las actividades planteadas, amplia capacidad para exponer y defender frente al grupo sus opiniones.

3.5 Unidad de análisis

En la investigación se estudian las posibles relaciones existentes entre el desarrollo de procesos argumentativos y el cambio en los modelos explicativos de los estudiantes frente al concepto de la densidad. Tomando como referencia que la argumentación es una competencia

que desarrollan los estudiantes en la cual se implica tanto la cognición, como la expresión lingüística (Buitrago Martín, Mejía Cuenca, & Hernández Barbosa, 2013).

En los integrantes del grupo, se verificó tanto la estructura argumentativa inicial como la fuerza del argumento presentado con base en la correspondencia entre los elementos que hacían parte del argumento y el concepto de densidad; así como también la incorporación de nuevos elementos durante las fases de intervención y finalización, para presentar estructuras argumentativas de mayor complejidad y elaboración frente al concepto.

Con respecto a los modelos explicativos se estudió la manera como los estudiantes explicaban situaciones a partir de sus modelos y representaciones sobre el concepto de densidad, cómo migraban a otros modelos a partir de los elementos que día a día se iban incorporando en la secuencia, cómo usaban el lenguaje como expresión de dichos modelos, buscando la cercanía a un lenguaje científico escolar y la forma como en diferentes contextos utilizan diferentes representaciones.

3.6 Obtención de la Información

3.6.1 Fase inicial y final

Para la obtención de la información en el momento inicial, se aplicó el cuestionario de pregunta abierta (ver Anexo 1), Con la información recolectada se identificaron los obstáculos, y a partir de estos se construyeron los modelos explicativos, con las características más relevantes plasmados en la Tabla 2. También se identificaron los elementos que hacían parte de la estructura argumentativa utilizada por los estudiantes y con la cual intentaban dar respuesta a cada uno de los interrogantes planteados siguiendo una estrecha relación con el concepto.

La recolección de la información en el momento final, se hace a través de una nueva aplicación del instrumento, con el fin de identificar los cambios en los modelos explicativos, las variaciones en la estructura argumentativa en relación con el concepto y la relación existente entre dichas categorías.

3.6.2 Fase de intervención

Para el momento dos o momento de intervención, se ejecutó la secuencia didáctica diseñada, que contenía una serie de actividades (ver Anexo 2) con las cuales se intervenían los modelos explicativos encontrados en la fase inicial de la investigación y se explicitaba la promoción y evaluación de procesos argumentativos en clase, generando los denominados momentos argumentativos.

Estos espacios fueron grabados previa autorización de los acudientes de cada uno de los estudiantes participantes. Las grabaciones posteriormente fueron transcritas con base en la notación especial de Edwards & Potter (1992).

Es de aclarar, que no toda la información recolectada en la secuencia, fue utilizada para el análisis; únicamente fueron seleccionadas las intervenciones de dos estudiantes en cada uno de los momentos argumentativos para realizar el análisis comprensivo, buscando conocer a profundidad el comportamiento en la estructura argumentativa (elementos y relación con el concepto) en espacios de oralidad, debate y discusión frente a otros compañeros y, el uso de los modelos desde un contexto donde había confrontación de ideas.

3.7 Plan de análisis

Con respecto al análisis, se plantean dos esquemas diferentes.

El primero a partir de la información obtenida tras la aplicación del cuestionario en los momentos inicial y final.

Dicho análisis se realiza bajo la perspectiva descriptiva-comprensiva, teniendo en cuenta la totalidad de los estudiantes del grupo estudio.

Esencialmente está dirigido a describir e interpretar el fenómeno dentro del aula de clases al aplicar un instrumento que contextualizaba situaciones conocidas y cotidianas, identificando elementos de la estructura argumentativa y la correspondencia de los mismos con el concepto; así como términos relevantes que utilizan los estudiantes en su lenguaje escrito que permiten identificar y ubicar el modelo explicativo en el que se encuentran.

Y el segundo, un análisis comprensivo de los momentos argumentativos obtenidos en el desarrollo de la secuencia didáctica. En la cual el propósito era la interacción del investigador con los estudiantes en su contexto legítimo, tratando de captar e interpretar desde su particularidad la manera como construían y relacionaban los elementos de sus argumentos en espacios de socialización, debate y discusión; así como los modelos utilizados y la relación entre dichas categorías. Todos los estudiantes participaron de los momentos argumentativos pero únicamente se tienen en cuenta dos de ellos para el análisis comprensivo, buscando mayor profundidad y cercanía, a la manera como se relacionan dichas variables.

3.7.1 Plan de análisis momento inicial y final

Para los momentos en los cuales se aplicó el instrumento (momento inicial: antes de la intervención didáctica y momento final: posterior a la misma), en cuando al análisis de los niveles argumentativos, se toma como referencia (Tabla 1) la escala establecida por Ruiz (2015) que surge como una adaptación de los niveles argumentativos definidos por Erduran, Osborne, & Simon (2004), en la cual no sólo se tiene en cuenta los elementos (datos, conclusiones, justificaciones, respaldos, contraargumentos y cualificadores) que hacen parte de la estructura argumentativa, sino que además se evalúa la fuerza del argumento a partir de

la relación entre dichos elementos estructurales y la correspondencia de estos frente al concepto trabajado.

Tabla 3 Análisis de nivel argumentativo

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos tras la aplicación del instrumento en la fase inicial.

Pregunta: Se tiene un kilogramo de hierro y un kilogramo de icopor. Comparando ambos materiales. Describa la razón por la cual parece haber más cantidad de icopor.

ESTUDIANTE		RESPUESTA
E	R	NA
1	Porque al icopor ser tan liviano se necesita mucho para pesar 1kg en cambio el hierro es pesado y 1 kg es poco físicamente	Presenta datos (icopor ser liviano – el hierro es más pesado), con los cuales construye conclusiones (si es liviano se necesita mucho para pesar 1 kg) sin embargo carece de relación con el concepto. Nivel 2
2	Porque yo creo que es debido a que el icopor es un material más liviano mientras que el hierro más pesado, lo cual nos da que necesitamos menos cantidad del hierro para obtener 1kg mientras que de icopor necesitamos más cantidad	Presenta datos (el icopor es un material liviano – el hierro es más pesado), con ellos construye conclusiones (si el hierro es más pesado entonces se necesita menos cantidad de hierro para obtener 1 kg), que tienen una relación lejana entre ellos. Nivel 2
3	Porque el icopor es demasiado liviano y para formar 1kg debe haber bastante cantidad, es por esta razón	Presenta datos (el icopor es demasiado liviano) que usa para conclusiones (al ser liviano para formar 1 kg debe haber bastante cantidad) pero que tienen una relación lejana Nivel 2

En esta oportunidad, se analizó el discurso escrito presentado por cada estudiante frente a cada una de las preguntas del cuestionario, identificando en el texto los elementos estructurales argumentativos presentados en las respuestas (Tabla 3), así como también la

relación existente entre los elementos y el concepto de densidad. Con base en lo anterior se categorizó a cada estudiante en un nivel específico según su comportamiento durante todo el cuestionario.

Para identificar los modelos explicativos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), nuevamente se tuvo en cuenta el análisis del discurso escrito, pero en esta oportunidad, se resaltaron algunos términos, ideas y concepciones que presentaban los estudiantes frente a preguntas que estaban relacionadas con el concepto. Se contrastaron los resultados obtenidos con la investigación de Raviolo, Moscato & Schnersch (2005), que muestran los obstáculos más frecuentes de estudiantes universitarios frente al concepto de la densidad. A partir de dicha información se encontraron elementos comunes y se construyeron los modelos explicativos que se pueden visualizar en la Tabla 2.

Tabla 4 Análisis de términos e ideas para identificar modelos.

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos tras la aplicación del instrumento en la fase inicial.

E25	R1	Porque el icopor casi no pesa, no tiene peso; entonces es más cantidad; en cambio el hierro pesa más y es menos cantidad físico
	R2	Porque el agua es una sustancia más líquida y no son compatibles, entonces se separan y el aceite es más pesado, más densa
	R3	Porque el hielo después de estar en una sustancia líquida, se congela lo que hace que la sustancia sea más pesada para no hundirse
	R4	La verdad no cambiaría la masa, sólo toma otro estado, otra forma, ya que cuando hacemos presión toma otra forma la masa

Con base en la información recolectada en el instrumento y en las perspectivas que se identificaron en las respuestas, se usó la tabla de modelos explicativos para categorizar a cada estudiante en el modelo o modelos más cercanos.

Con los resultados y análisis de la fase inicial y final, se procedió a la identificación tanto de los cambios en los niveles argumentativos, como en los modelos explicativos de los estudiantes.

3.7.2 Plan de análisis momento de intervención

El análisis de la fase de intervención se realizó de manera comprensiva; en el cual únicamente se tuvieron en cuenta dos estudiantes que fueron seleccionados bajo criterios estrechamente relacionados con aspectos argumentativos como: asistencia a todas las sesiones que hacían parte de la secuencia, participación activa en las sesiones, cumplimiento con todos los ejercicios propuestos y la amplia capacidad para expresar y defender sus ideas frente a grupos pequeños y en la totalidad. La secuencia didáctica contó con diferentes actividades (laboratorio virtual, laboratorio real, lecturas, ejercicios prácticos) tanto escritas como orales, pero el análisis se centró en los momentos argumentativos en los cuales participaban los estudiantes generando interacción entre ellos, en subgrupos de 5 integrantes y frente a la totalidad del grupo, donde los estudiantes presentaban sus ideas, las defendían y/o refutaban lo que presentaban los compañeros; estos momentos se registraron en archivos de audio.

Tabla 5 Fragmento de un audio transcrito, usado para el análisis comprensivo.

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en el momento argumentativo 1, en la fase de intervención.

Participante	Diálogo	Elementos
D	Buenos días el día de hoy vamos a socializar la actividad n°1, que consiste en comparar tres figuras geométricas (un cubo, un cilindro y una esfera) plasmadas en una hoja de papel, las cuales tienen tamaño diferente. Comencemos ¿cuál tiene mayor masa? ¿Quién desea comenzar?	

E7	Bueno de la actividad que estamos resolviendo en la primera pregunta de ¿cuál de los objetos tiene mayor masa y por tal motivo? Pues yo pienso que no se podría decir cuál de los tres objetos tiene mayor masa (C), porque pues uno de los primeros conceptos que aprendimos de esto, es que la masa es proporcional al volumen (J) o sea que el cuadro o cubo puede ser más grande (D) pero puede estar vacío (R), en cambio la esfera puede ser más pequeña (D) pero puede estar llena de plata o de plomo (R) y eso haría que ese objeto fuera el más pesado (C), los mismo puede pasar en los otros dos casos; el cilindro puede ser que tenga el contenido por dentro (D) y los otros dos estén vacíos (D), eso lo haría el más pesado (C) o el de mayor masa (C).	D: Datos C: Conclusión J: Justificación R: Refutación
E19	¿Ustedes están de acuerdo con lo que dijo él?	
E27:	Pues <u>si</u> ,	
E19:	Yo no estoy de acuerdo (R), es que yo en la hoja si puse que el cubo tenía más masa pero no pensé en lo que podía estar hueco,	R: Refutación
E27:	Es que yo también lo pensé así, yo lo pensé como E7 pero no lo... o sea puse que el cubo (D), me dejé influenciar porque el cubo era más grande (D).	D: Datos

Las grabaciones recolectadas fueron sometidas a una transcripción y codificación (Tabla 5), para ser analizados bajo la perspectiva del análisis del discurso escrito teniendo en cuenta los mismos parámetros utilizados (estructura argumentativa y términos que fueran representativos de un modelo explicativo) en la fase inicial y final, en el cual se identifican frases con sentido, elementos utilizados para construir sus argumentos y; conductas frente a comentarios presentados por compañeros, con el fin de comprender tanto dialógica como dialécticamente el comportamiento de los estudiantes y la movilidad en cuanto a sus modelos explicativos.

Capítulo IV

4. Presentación y análisis de resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos y el análisis con base en el plan establecido en la sección anterior, que conduce directamente a la reflexión de los datos recolectados en cada una de las etapas de la investigación.

4.1 Análisis descriptivo-comprensivo del grupo total

4.1.1 Análisis etapa inicial

4.1.1.1 Modelos explicativos

La siguiente información da cuenta de los modelos explicativos en el momento 1, dónde se aplicó por primera vez el instrumento al grupo estudio.

Como se ha expresado previamente, para identificar los modelos explicativos, se tuvo en cuenta el análisis del discurso escrito y la caracterización de los modelos explicativos expuestos en la Tabla 2. Para este análisis, se resaltaron algunos términos, ideas y concepciones que presentaban los estudiantes en sus respuestas frente a preguntas que estaban relacionadas con el concepto y que se pueden visualizar en el cuestionario inicial (Anexo 1).

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta un ejemplo de cómo se realizó el análisis. Se pueden percibir las respuestas que aporta el estudiante E25 frente a preguntas como:

P1: Describa la razón por la cual parece haber más cantidad de icopor.

P2: ¿Cuál es el motivo por el cual el agua queda debajo del aceite?

P3: ¿Cuál es la razón por la cual así sea un pequeño trozo de hielo no se hunde en el agua?

P4: ¿Cambia la masa de una almohada de algodón cuando se comprime?

Hay palabras, por ejemplo, que son características del modelo analógico, resaltadas con el color lila; otras describen el modelo empírico identificadas con el color rojo, mientras que para los términos característicos del modelo de proporcionalidad se utilizó el color azul.

Tabla 6 Análisis de términos e ideas de E25, para identificar modelos.

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del instrumento inicial

E25	R1	Porque el icopor casi no pesa, no tiene peso; entonces es más cantidad; en cambio el hierro pesa más y es menos cantidad físico
	R2	Porque el agua es una sustancia más líquida y no son compatibles, entonces se separan y el aceite es más pesado, más densa
	R3	Porque el hielo después de estar en una sustancia líquida, se congela lo que hace que la sustancia sea más pesada para no hundirse
	R4	La verdad no cambiaría la masa, sólo toma otro estado, otra forma, ya que cuando hacemos presión toma otra forma la masa

Dos evidencias que ejemplifican este proceso para identificar el modelo explicativo son las siguientes:

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se puede visualizar que el estudiante E25 utiliza de forma repetitiva términos: “peso, pesado, líquido”; criterios constituyentes del modelo explicativo analógico, por lo tanto presenta una fuerte inclinación hacia dicho modelo.

Se hace evidente, que él atribuye y asocia desde el ámbito cotidiano distintos significados a los términos densidad o denso, como por ejemplo pesado o líquido (Llorens, De Jaime, & Llopis, 1989), aunque también exhibe algunos aspectos que se presentan desde lo sensorial: “no son compatibles, entonces se separan”, características del modelo empírico, exhibiendo dificultades en la conceptualización de los términos masa y volumen y; por ende

de densidad (Gabel & Bunce, 1994), Con base en lo anterior no se categoriza con predominancia en un solo modelo, por el contrario su caracterización se realiza entre dos modelos, el analógico y el empírico.

El segundo ejemplo lo podemos observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en las respuestas de E17.

A pesar de que el estudiante comienza a presentar un término como “pesado”, constituyente del modelo explicativo analógico; se puede observar que, de forma repetitiva en las respuestas siguientes se establecen términos únicamente desde su percepción sensorial: “permanezca firme”, “no se hunda”, “si la comprimimos”. Además, si bien es cierto en un punto de su respuesta hace referencia al término masa: “si la comprimimos mucho, la masa puede cambiar” es evidente que presenta obstáculos en la identificación de ésta propiedad, dado que la masa de un objeto no cambia por compresión sino por aumento o disminución en la cantidad de materia de dicho elemento (Doménech, 1992), por lo cual se categoriza con predominancia en modelo empírico.

Tabla 7 Análisis de términos e ideas de E17, para identificar modelos.

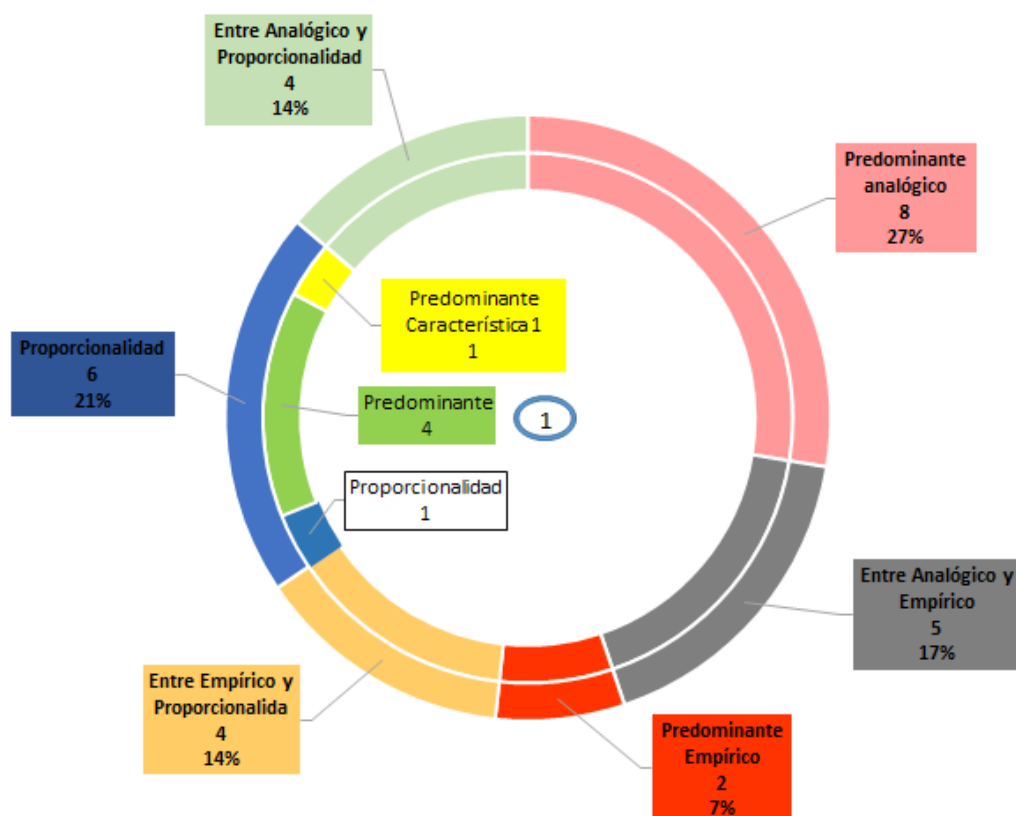
Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del instrumento inicial

E17	R1	Yo creería que la razón por la que parece haber más cantidad de icopor es porque el hierro pesa más que el icopor y entonces para que pese un kilogramo se necesita más icopor que hierro
	R2	El agua queda debajo del aceite porque tiene la capacidad de disociarse entonces por eso el aceite queda arriba y así se pueden formar las lámparas de lava
	R3	Yo creo que un pequeño trozo de hielo no se hunde porque el hielo es agua que por las bajas temperaturas y al estar en el agua hace que permanezca firme y no se hunda
	R4	Yo diría que si la comprimimos mucho la masa puede cambiar y ser menor

Ahora, para condensar la información de la totalidad de los estudiantes en la parte externa que conforma la Gráfica 1, se presentan de manera general los modelos explicativos y, en la parte interna, la característica más representativa para cada uno de ellos, tal como se expresó en la Tabla 2.

Con base en los datos presentados en la gráfica, se puede intuir que en el momento 1 o momento inicial, no hay predominancia de un modelo específico y además, hay estudiantes que se mueven entre dos o más modelos.

Sin embargo, si se tiene en cuenta que dentro de los modelos explicativos planteados el más cercano a un modelo científico escolar para el concepto de densidad sería el modelo de proporcionalidad; se encuentra que un bajo porcentaje (sólo el 21%) de los estudiantes exhiben características propias de dicho modelo, parece ser que la cercanía con prácticas cotidianas en las cuales hay pocos elementos de la ciencia escolar, hace que los estudiantes utilicen diferentes modelos con un propósito específico (Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000), por ejemplo, el modelo empírico para explicar situaciones desde lo cotidiano o el modelo analógico en el que se pretende de dar respuesta a los interrogantes planteados estableciendo similitud entre peso y densidad . Lo que conlleva a pensar que los estudiantes presentan fuertes obstáculos frente a la conceptualización del concepto y por lo tanto dificultades frente al aprendizaje del mismo tal como lo expresaron Raviolo, Moscato, & Schnersch (2005).



Gráfica 1 Modelos explicativos hallados en la fase inicial.

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del instrumento inicial

4.1.1.2 Análisis niveles argumentativos

En cuanto a los niveles argumentativos en el momento 1, se puede observar en respuestas como las presentadas en la Tabla 8, que el estudiante E5 de manera general presenta datos “el hierro es más compacto” o “el aceite es más pesado”, con esto el estudiante se categorizaría en el nivel 1, sin embargo, en otras respuestas trata de construir conclusiones utilizando los datos que expresa; a pesar de ello, la relación entre los elementos con el concepto es casi nula; con base en la Tabla 1, se ubicaría en el Nivel 2.

Tabla 8 Análisis de términos e ideas de E5, para identificar nivel argumentativo

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del instrumento inicial

E5	R1	Porque el hierro es más compacto	Presenta un dato.
----	----	----------------------------------	-------------------

R2	Porque el aceite es más pesado y más denso que el agua	Presenta únicamente datos, que no tienen ninguna relación
R3	El hielo al contener un poco de aire es impulsado a la superficie	Se presenta una conclusión y un dato, con una débil relación
R4	No, porque el algodón es un material que aunque se comprima vuelve a su estado normal	Datos con los que construye una conclusión sin relación

Desde una mirada más integral, el estudiante tiende tanto al nivel 1 como al nivel 2 y por lo tanto se procede a categorizar de dicha manera.

Tabla 9 Análisis de términos e ideas de E3, para identificar nivel argumentativo

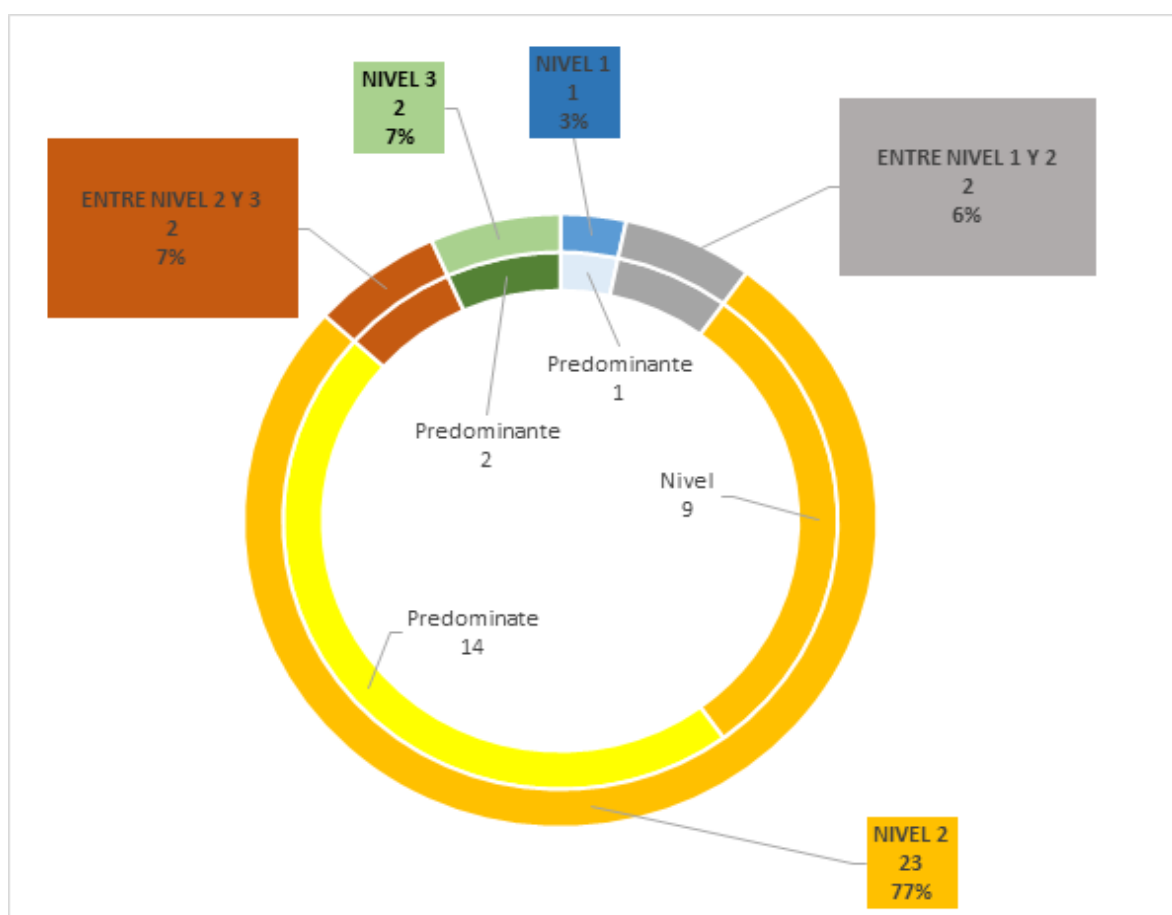
Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del instrumento inicial

E3	R1	Porque el icopor es demasiado liviano y para formar 1kg debe haber bastante cantidad, es por esta razón	Presenta datos que usa para conclusiones pero que tienen una relación lejana
	R2	Porque el aceite es un poco más liviano, el agua es más densa y el aceite es una grasa que nunca se junta con esa agua, siempre la repele	Se presentan unos datos y unas conclusiones aisladas entre si
	R3	Creo que un hielo tiene poros, en estos poros se acumula aire y por esta razón creo que flota	Con algunos datos se construyen conclusiones que no tienen ninguna relación
	R4	No cambia simplemente se comprime, porque si la volvemos a estirar vuelve a su normalidad	Datos que usa para concluir de manera aislada, que además trata de justificar

Otra ejemplificación del proceso de análisis en cuanto a los niveles argumentativos de los estudiantes, se puede apreciar en la tabla 9, donde se presentan las respuestas presentadas por E3.

Se puede visualizar que el estudiante usa de manera reiterada datos como por ejemplo “el icopor es liviano”, “el aceite es más pesado”; y a partir de estos intenta construir

conclusiones como “si el icopor es liviano se requiere mucha cantidad para formar un kilogramo”; sin embargo, la relación que establece entre éstos elementos y el concepto es lejana, dado que al tener la misma cantidad de ambos materiales, el icopor frente al hierro es un material más voluminoso. Si se analiza desde una mirada general el estudiante presenta una fuerte tendencia a utilizar datos, con los que intenta concluir, de acuerdo con la Tabla 1, el estudiante se categoriza en Nivel 2.



Gráfica 2 Niveles Argumentativos fase inicial

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del instrumento inicial

Consolidado los resultados de la totalidad del grupo (Gráfica 2), se puede observar que, únicamente el 7% de los estudiantes es capaz de presentar datos, construir conclusiones a partir de los mismos y que además, presenten fuerte relación con el concepto de la densidad (Nivel argumentativo 3, según Tabla 1), esto implica que el 93% del grupo demuestra

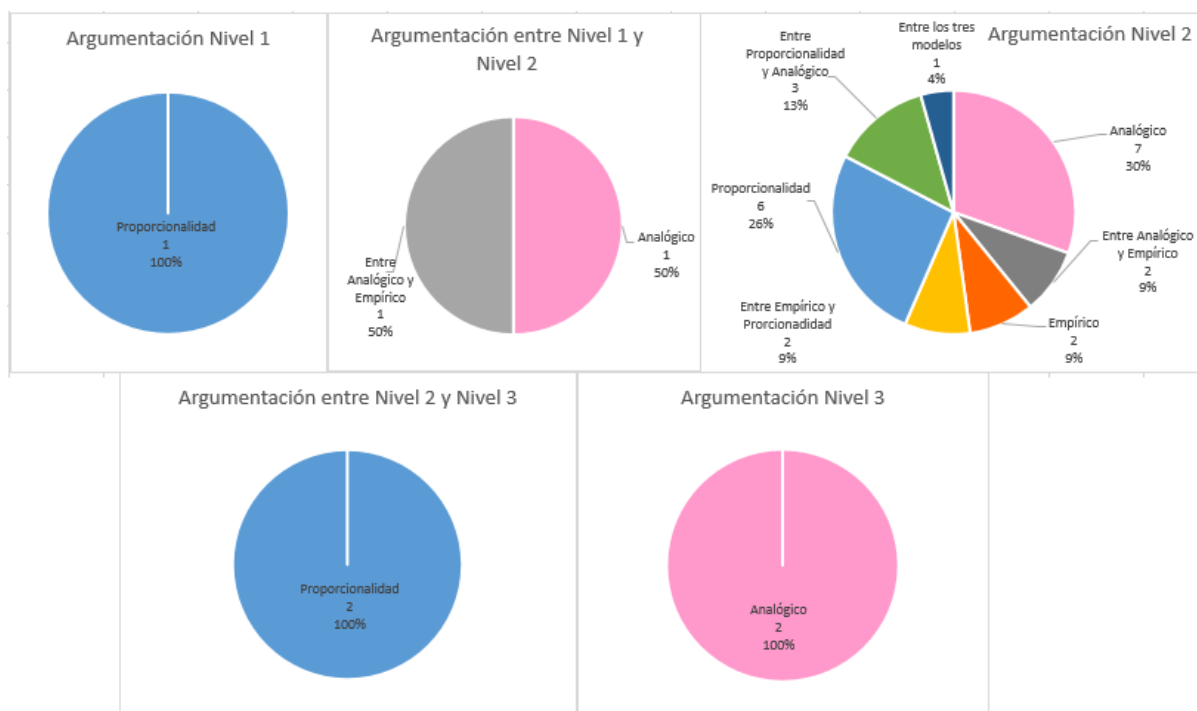
incapacidad para elaborar argumentos estructurados en relación con el concepto y, que únicamente se limitan a presentar datos (Nivel 1) y en el mejor de los casos presentar datos y construir conclusiones (Nivel 2). Lo anterior implica que, es necesario llevar al aula estrategias pedagógicas que faciliten la promoción de los procesos argumentativos.

4.1.1.3 Relación entre los modelos explicativos y los niveles argumentativos

Con base en los resultados obtenidos en el momento inicial, se dio lugar a un análisis más general buscando establecer la relación entre los modelos explicativos y los niveles argumentativos que presentaban los estudiantes. Dicha información fue condensada en la Gráfica 3, la cual presenta los diferentes niveles de argumentación encontrados en dicha fase y además; cómo a partir de éstos, los estudiantes exhiben ciertos modelos.

De la gráfica se puede observar que el nivel más bajo presentado es el nivel 1 de argumentación, en el cual únicamente se ostenta uno o varios datos. Sin embargo, este dato está directamente relacionado con el modelo explicativo de proporcionalidad (representado con color azul), como por ejemplo “el agua es más densa que el aceite”. Es sólo un dato, pero está directamente relacionado con el modelo de proporcionalidad; su estructura argumentativa no es muy amplia pero presenta fundamentos correctos y relacionados con el concepto científico escolar de la densidad.

Por otro lado, si se procede a observar el nivel más alto de argumentación es el nivel 3, en el cual se presentan datos y conclusiones que tienen una relación interna con el concepto. No obstante, los estudiantes que lograron presentar un nivel 3, lo asocian a un modelo analógico, lo que significa que a pesar de que logran construir un esquema argumentativo más estructurado vinculan dichos elementos al peso o la viscosidad como densidad.



Gráfica 3 Relación entre los niveles argumentativos y los modelos explicativos en la fase inicial

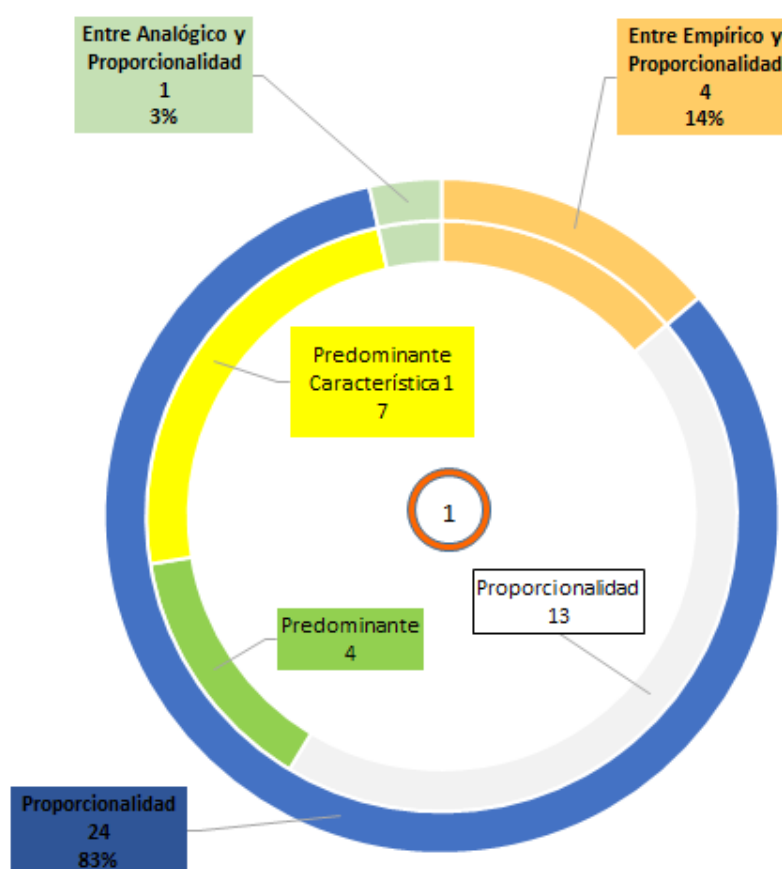
Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del instrumento inicial

Desde una mirada más integral el modelo de proporcionalidad, representado con color azul en la Gráfica 3, de acuerdo con los modelos establecidos en la Tabla 2, es el que más se acerca al conocimiento científico escolar sobre el concepto de densidad; sin embargo, en la fase inicial de la investigación, la frecuencia de uso de dicho modelo es muy limitado en los estudiantes y, aquellos que utilizan algunas de sus características las presentan desde niveles argumentativos muy bajos.

4.1.2 Análisis fase final

4.1.2.1 Análisis de los modelos explicativos

En relación con los modelos explicativos después de la intervención (Gráfica 4), el analógico y el empírico desaparecen casi en su totalidad, lo que nos permite pensar que la intervención didáctica tuvo un papel indispensable para la obtención de este resultado.



Gráfica 4 Modelos explicativos en el momento 3 o fase final

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del instrumento en la fase final

24 de los 30 estudiantes del grupo estudio en la fase final presentaron el modelo de proporcionalidad en sus respuestas, lo que equivale al 84%.

Algunos de éstos, emplearon características específicas de acuerdo con la caracterización de los modelos explicativos (Tabla 2); 7 de los 24 estudiantes, usaron la

característica 1 del modelo de proporcionalidad en la cual únicamente se reconoce la densidad como una expresión matemática que relaciona la masa con el volumen de un cuerpo (Tamir & Ruiz Beviá, 2005).

Aunque la mayoría trataron de combinar características en sus respuestas una ejemplificación de lo anterior se encuentra en las respuestas de E7 en la Tabla 10. Nótese cómo el estudiante reconoce la densidad como una expresión matemática y su valoración como una propiedad intensiva y específica de la materia, por lo cual se caracteriza dentro del modelo de proporcionalidad, sin especificación de una sola característica.

Nótese además de la Gráfica 4, que si bien el resto de los estudiantes exhiben una combinación de modelos, también existen características propias del modelo de proporcionalidad como constituyente de dicha combinación. La respuesta de E23 en el siguiente cuadro evidencia un ejemplo de esto:

Tabla 10 *Análisis de términos e ideas, para identificar modelos.*

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del instrumento en la fase final

Pregunta: Una lámpara de lava se caracteriza por unas grandes gotas de aceite o cera en su interior que toman distintas formas constantemente y, que se asemejan a la corriente de lava de un volcán, de allí justamente proviene su nombre.	
El primer paso para hacer una de estas lámparas de forma casera es colocar en un recipiente agua y aceite. ¿Cuál es el motivo por el cual el agua queda debajo del aceite?	
ESTUDIANTE	RESPUESTA
E	R
7	Esto ocurre debido a la densidad (relación masa - volumen), ya que cada material que tenemos alrededor posee una densidad diferente a la de los otros materiales; esto también es lo que hace que podamos distinguir un material de otro; en el caso del agua y del aceite, el agua tiene una mayor densidad que el aceite y es por eso que el agua queda abajo y el aceite queda sobre la superficie del agua
23	El aceite queda por encima debido a que es menos denso que el agua, lo cual permite que el agua baje y el aceite quede flotando permanentemente,

también porque el aceite pesa menos que el agua y esto hace que suba de manera más rápida.

El estudiante E23 en este punto, reconoce que la diferencia de densidades que presentan el agua y el aceite es lo que influye para que existan dos fases en la mezcla; sin embargo, sigue asociando este fenómeno con el peso (Llorens, De Jaime, & Llopis, 1989).

4.1.2.2 Análisis niveles argumentativos

Luego de la implementación de la secuencia didáctica, la cual primaba momentos de encuentro, reflexión y discusión grupal, los niveles argumentativos varían considerablemente.

Tabla 11 Análisis de términos e ideas de E5, para identificar nivel argumentativo, después de la intervención.

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del instrumento en la fase final

E5	R1	Al tener el kilogramo de hierro y el kilogramo de icopor algunas personas pueden pensar que hay más cantidad de icopor que de hierro, pero lo que hay es más volumen ya que para un kilogramo de hierro no se necesita tanto como para un kilogramo de icopor	Se exhiben datos y conclusiones que están estrechamente relacionados, además se justifica sin perder la relación con el concepto
	R2	El aceite al tener menor densidad flotará sobre el agua la cual tiene mayor densidad	Presenta datos que son utilizados para construir una conclusión
	R3	Cuando el agua se congela sus moléculas se separan lo cual hace que tenga menor volumen y por lo tanto menor densidad que en estado líquido y, por lo tanto flotará	Se exhiben datos y conclusiones que están estrechamente relacionados, además se justifica sin perder la relación con el concepto
	R4	Si cambia la relación entre la masa y el volumen, la masa seguirá siendo la misma independiente de que tanto se	Se exhiben datos y conclusiones que están estrechamente relacionados,

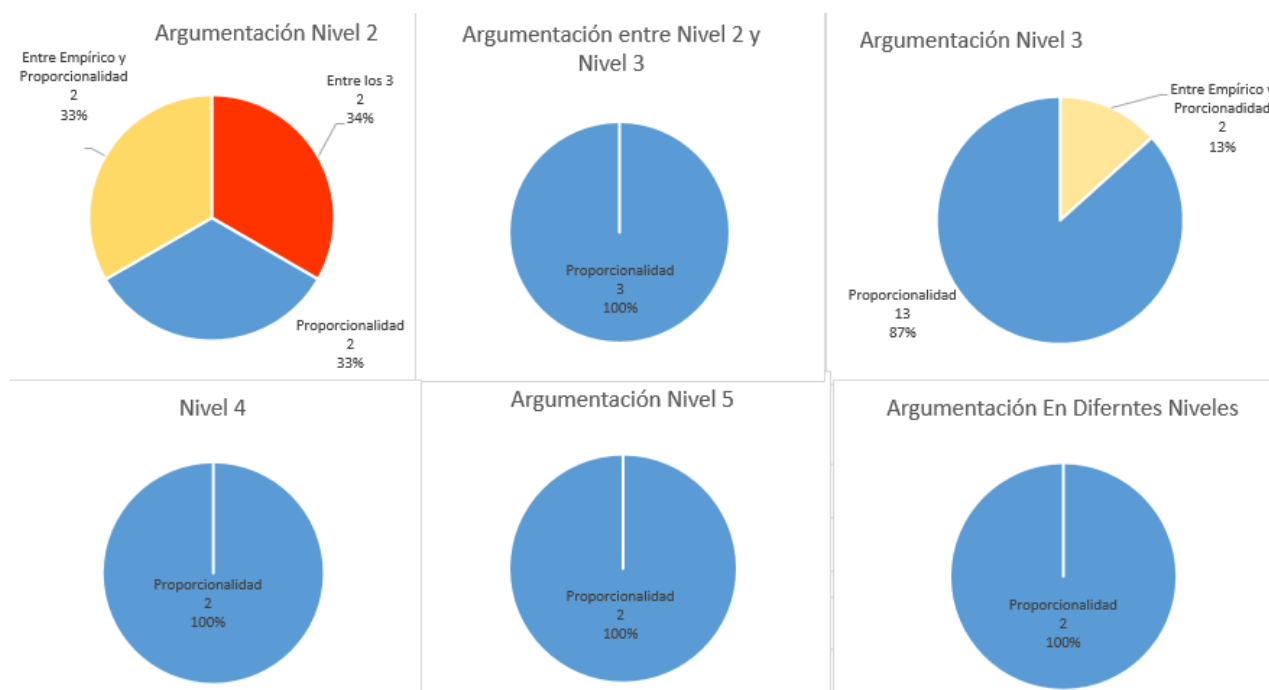
<hr/> comprima y cambie la forma, pero su volumen si cambiará, ya que el volumen es el espacio que ocupa un objeto, al comprimirse la almohada su volumen será menor. <hr/>	<hr/> además se justifica sin perder la relación con el concepto <hr/>
---	--

Como un ejemplo de lo anterior, se puede observar la Tabla 11, las respuestas exhibidas por E5, el mismo estudiante presentado en la Tabla 8, pero después de la intervención didáctica. En las cuales se puede observar que el estudiante pasa de presentar únicamente datos y/o conclusiones aisladas del concepto, a construir respuestas estructuralmente más complejas que presentan mayor fuerza argumentativa, exhibiendo datos que usa para justificar y concluir, además manteniendo una relación estrecha con el concepto de densidad, categorizándose en nivel 5 según Tabla 1.

Esto significa que pasó de estar en el momento inicial entre los niveles 1 y 2 a un nivel predominantemente 5 en el momento final.

Teniendo en cuenta la totalidad del grupo (Gráfica 5), el nivel 1 en el cual sólo se establecen datos o conclusiones, desaparece por completo. También se puede observar que el nivel 2 pasa de estar presente en el 77% de los estudiantes en el momento inicial, a evidenciarse sólo en el 21% en el momento final, lo que implica que más del 50% de los estudiantes migran a otros niveles de mayor complejidad.

El nivel 3 toma mucha fuerza, así que además de evidenciarse datos y conclusiones en las respuestas de los estudiantes, éstos son capaces de establecer relaciones fuertes entre los mismos y el concepto. Aparecen los niveles 4 y 5, en los cuales se incorpora la estructuración de justificaciones que son construidas a partir de los datos y las conclusiones.



Gráfica 6 Relación entre los niveles argumentativos y los modelos explicativos en la fase final

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del instrumento en la fase final

Se puede visualizar como el modelo explicativo de proporcionalidad resaltado en color azul, se encuentra presente en cada uno de los diferentes niveles argumentativos expuestos en esta fase; siendo en la mayoría de los niveles el único modelo utilizado por los estudiantes para estructurar sus argumentos, lo que conlleva a pensar que la intervención didáctica a través del desarrollo de procesos argumentativos sirvió para movilizar los modelos de los estudiantes, hacia un modelo explicativo más cercano al aceptado científicamente desde el ámbito escolar.

Si se establece una tabla en la cual se realiza un comparativo entre la relación de los niveles y los modelos en la fase inicial y la final (Tabla 12). Se pueden observar aspectos claramente diferenciados.

Tabla 12 Comparativo entre fase inicial y fase final de la relación entre los niveles y los modelos

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del instrumento en la fase inicial y final

Nivel Argumentativo	Modelo explicativo presente	
	Fase Inicial	Fase final
Nivel 1	Proporcionalidad	
Entre nivel 1 y 2	Analógico	
	Empírico	
Nivel 2	Analógico	Analógico
	Empírico	Empírico
	Proporcionalidad	Proporcionalidad
Entre nivel 2 y 3	Proporcionalidad	Proporcionalidad
Nivel 3	Analógico	Empírico
		Proporcionalidad
Nivel 4		Proporcionalidad
Nivel 5		Proporcionalidad

Primero, el nivel argumentativo en la fase final aumenta considerablemente, ya que en la fase inicial de la investigación niveles altos de argumentación no estaban presentes, pero después de la intervención se observa una notable mejoría en los niveles expuestos por los estudiantes, lo que implica tanto la incorporación de nuevos elementos estructurantes del argumento (Buitrago, Mejía, & Hernández, 2013) así como la relación interna entre dichos elementos y el concepto.

En cuanto a los modelos explicativos ocurre algo significativo para la investigación; dado que, en todos los estudiantes hubo presente alguna o varias características propias del modelo de proporcionalidad.

Los pocos estudiantes que aún presentan elementos de modelos como el analógico y el empírico, también presentan niveles bajos de argumentación. Y aquellos que presentan un nivel más alto logran acercar su argumento al modelo de proporcionalidad.

Esto podría vincularse con una correspondencia directa entre la estructuración de argumentos más sólidos y válidos (reflejados en un nivel argumentativo más alto) y la movilización de representaciones alternativas hacia modelos escolares científicamente más aceptados.

4.2 Análisis comprensivo

A continuación se presentan los resultados obtenidos del seguimiento a dos estudiantes. Cómo se mencionó en el plan de análisis, a pesar de que participaron todos los estudiantes del grupo de estudio, únicamente se tienen en cuenta los estudiantes, E7 que será presentado con color amarillo y E27 resaltado con verde, seleccionados bajo criterios estrechamente relacionados con tópicos argumentativos.

Dicho análisis parte desde la presentación del instrumento en la etapa 1, incluye los momentos argumentativos, hasta finalizar con la presentación del instrumento en la etapa final.

4.2.1 Análisis E7

A continuación se presentan los resultados de E7 a cada uno de los interrogantes del cuestionario, en la parte inicial.

Pregunta A- Se tiene un kilogramo de hierro y un kilogramo de icopor.



Figura 6 Un kilogramo de icopor
Fuente: Alessandro Braun



Figura 7. Un kilogramo de hierro
Fuente: Juan Riquelme

Pregunta A1- Comparando ambos materiales, ¿cuál de ellos tiene mayor cantidad? Justifica completamente tu respuesta.

Respuesta de E7: Pues ninguno, porque 1 kilogramo es la misma cantidad.

En esta afirmación el estudiante reconoce que la cantidad de materia es la misma, en otros términos habla de masas iguales; sin embargo, no es muy amplio en su sustentación por lo cual no se puede identificar ningún elemento constitutivo de un modelo.

Pregunta A2- Describa la razón por la cual parece haber más cantidad de icopor.

Respuesta de E7: Porque el icopor es más liviano que el hierro entonces se necesita mayor cantidad de icopor para que haya un kilogramo, por el contrario es hierro es pesado y no se necesita tanta cantidad para alcanzar un kilogramo.

En la respuesta anterior, E7 ya comienza a exhibir algunos términos que son constitutivos del modelo analógico como por ejemplo “liviano” para referirse a menos denso o “pesado” para hacer alusión a más denso. Lo que obedece a una representación de origen social o cultural, ya que el estudiante la ha construido a partir de la interacción con el entorno o del lenguaje cotidiano (Llorens, De Jaime, & Llopis, 1989).

También se puede observar que aunque en la respuesta anterior (A1), el estudiante E7 fue contundente en afirmar que había la misma cantidad de algodón y de hierro; en ésta, al

tratar de construir un argumento más sólido presenta cierta ambigüedad, ya que expresa textualmente “se necesita mayor cantidad” para hacer referencia a mayor volumen, lo que significa que presenta ciertas confusiones en los conceptos masa y volumen, confirmando lo presentado por Raviolo, Moscato, & Schnersch (2005) en su investigación.

Pregunta B- Una lámpara de lava se caracteriza por unas grandes gotas de aceite o cera en su interior que toman distintas formas constantemente y, que se asemejan a la corriente de lava de un volcán, de allí justamente proviene su nombre.

El primer paso para hacer una de estas lámparas de forma casera es colocar en un recipiente agua y aceite. ¿Cuál es el motivo por el cual el agua queda debajo del aceite?

Respuesta: Supongo, no se la verdad; que el aceite al ser más espeso que el agua queda en la superficie del recipiente y estos dos materiales nunca se mezclan haciendo que el agua siempre queda debajo.

Al responder el cuestionamiento, el estudiante manifiesta que no está muy seguro, pero cuando inicia a estructurar su argumento presenta el término “espeso” lo que permite identificar que continúa construyendo sus respuestas desde el lenguaje común (Llorens, De Jaime, & Llopis, 1989) y con la tendencia del modelo analógico según la Tabla 2. Agrega además, que el agua y el aceite son sustancias que siempre van a estar separadas, que estos dos materiales deben tener algo que hacen que no se mezclen, pero realmente se observa que tiene pocos elementos para armar una estructura argumentativa más sólida.

Pregunta C- Las focas son animales esencialmente carnívoros, es decir que basan su dieta en carne específicamente pescado. Ellas sobreviven en zonas como los polos, por ende encuentran su alimento por debajo de la capa de hielo.

Teniendo en cuenta el ejemplo ¿Cuál es la razón por la cual así sea un pequeño trozo de hielo no se hunde en el agua?

Respuesta: Porque el agua es más densa que el hielo, por ende el hielo no puede hundirse, ya que el menos denso queda en la superficie.

En lo mostrado en la respuesta al interrogante C, se puede visualizar que el estudiante incorpora y utiliza el término “densidad”, reconociendo que es debido a una diferencia de densidades que ocurre el fenómeno de flotabilidad del hielo. Intrínsecamente al ser la misma sustancia sólo que está a diferentes temperaturas, el estudiante puede reconocer que es ésta variable quien provoca dicha diferencia, siendo uno de los postulados válidos de Gay Lussac en causas que afectan la densidad de una sustancia (Muñoz Bello & Bertomeu Sánchez, 2003).

Con base en lo anterior, el estudiante no siguió con su tendencia del uso del modelo analógico sino que ya incorpora elementos que son propios del modelo de proporcionalidad.

.Pregunta D- Se tiene una almohada de algodón y se somete a compresión. ¿Cambia la masa de una almohada de algodón cuando se comprime? Justifique.

Respuesta: No, porque el relleno sigue adentro, la masa no cambia, pero su volumen si se ancha a los lados, pero su masa sigue siendo la misma, no importa su forma.

En la respuesta anterior el estudiante incorpora una serie de términos como “masa” y “volumen”, que son constituyentes del modelo de proporcionalidad según la Tabla 2. Además infiere que existe cierta relación entre ellos, más no da, una definición operativa de densidad como la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo (Tamir & Ruiz Beviá, 2005).

A partir de todos los datos recolectados en la aplicación del instrumento inicial y a la triangulación de la información, el estudiante en cuanto al nivel argumentativo es categorizado de manera general como predominante en nivel 2, debido a que en sus respuestas mayoritariamente presenta datos como “el aceite es más espeso” (fragmento de respuesta a pregunta B), “el agua es más densa” (fragmento de respuesta a pregunta C), “la masa no cambia” (fragmento de respuesta a pregunta D), pero además con ellos intenta

construir conclusiones que tienen poca relación internamente con el tema. Como un ejemplo de lo anterior, en el fragmento de la respuesta A2 “Porque el icopor es más liviano que el hierro, entonces se necesita mayor cantidad de icopor para que haya un kilogramo”, él utiliza el dato “el icopor es más liviano que el hierro” para concluir que es por ello que se requiere mayor cantidad de icopor. No obstante, la cantidad de ambos materiales es la misma (1 kilogramo), pero el icopor es un material más voluminoso que el hierro, por ende en su estructura argumentativa presenta una relación distante con el concepto de densidad. Lo que implicara que se categorice en Nivel 2; sin embargo, en otras respuestas exhibe únicamente datos (respuesta 1A).

Mirado desde la integralidad y teniendo en cuenta que siempre no presenta la misma estructura argumentativa, por ello se categoriza en Nivel predominante 2.

En cuanto a su modelo explicativo, presenta elementos tanto del modelo analógico como del modelo de proporcionalidad, de manera que su categorización se realiza entre ambos modelos.

En la fase de intervención en la cual se desarrolló la secuencia didáctica, el estudiante en mención tuvo una amplia participación en los momentos argumentativos en grupos pequeños y en el grupo en general.

Conviene subrayar que en algunos momentos argumentativos presentó una mayor contribución a las discusiones presentadas. Como un ejemplo de lo anterior en un fragmento del momento argumentativo 1 (Tabla 13), el estudiante E7 identificado de color amarillo construye un argumento mejor estructurado, incorporando elementos como justificaciones y refutaciones, que en la parte inicial no había usado, a partir del cual sus compañeros tratan de apoyar o refutar.

Esto se puede interpretar que en entornos de discusión y debate, E7 hace uso de más componentes para defender sus ideas. En otras palabras, su estructura argumentativa desde la oralidad incorpora un mayor número de elementos, realiza una mejor disposición de los mismos y a medida que se desarrollan actividades logra afianzar la forma como construye sus argumentos, lo que afecta directamente su proceso cognitivo (Jiménez & Díaz de Bustamante, 2003).

Tabla 13 Fragmento momento argumentativo 1, participación de E7

Fuente: Construcción propia a partir de la transcripción del momento argumentativo 1.

Participante	Diálogo	Elementos
E7	Bueno de la actividad que estamos resolviendo en la primera pregunta de ¿cuál de los objetos tiene mayor masa y por tal motivo? Pues yo pienso que no se podría decir cuál de los tres objetos tiene mayor masa (C), porque pues uno de los primeros conceptos que aprendimos de esto, es que la masa es proporcional al volumen (J) o sea que el cuadro o cubo puede ser más grande (D) pero puede estar vacío (R), en cambio la esfera puede ser más pequeña (D) pero puede estar llena de plata o de plomo (R) y eso haría que ese objeto fuera el más pesado (C), los mismo puede pasar en los otros dos casos; el cilindro puede ser que tenga el contenido por dentro (D) y los otros dos estén vacíos (D), eso lo haría el más pesado (C) o el de mayor masa (C).	D: Datos C: Conclusión J: Justificación R: Refutación
E19	¿Ustedes están de acuerdo con lo que dijo él?	
E27:	Pues sí	

Al mismo tiempo de fortalecer la manera como presenta sus argumentos, E7 introduce y utiliza elementos constituyentes del modelo explicativo de proporcionalidad; en consecuencia, podría migrar algunas representaciones alternativas que eran visibles al inicio del proceso, a un modelo sobre la densidad que sea construido desde elementos que se le brinden en el aula (Pozo & Gómez, 2006) y que sean más cercanas al conocimiento científico escolar.

Luego de 6 sesiones de intervención didáctica, se aplica nuevamente el instrumento.

En el cual se obtuvo la siguiente información por parte de E7:

Pregunta A- Se tiene un kilogramo de hierro y un kilogramo de icopor.

Pregunta A1- Comparando ambos materiales, ¿cuál de ellos tiene mayor cantidad?

Justifica completamente tu respuesta.

Respuesta de E7: Ambos materiales tienen la misma cantidad de materia. Pero el algodón es un material que por su densidad ocupa mayor volumen.

La respuesta anterior permite observar que el estudiante hace referencia a términos como “cantidad de materia”, “volumen” y “densidad”, y que además, expresa apropiadamente. Atribuye a los materiales una propiedad que relaciona dos variables muy importantes como la masa y el volumen. Y a pesar de que su argumento no es muy amplio es contundente.

Pregunta A2- Describa la razón por la cual parece haber más cantidad de icopor.

Respuesta de E7: Parece haber más cantidad de icopor porque el hierro es un material con una densidad mayor al del icopor; y porque el hierro al ser un material por decirlo de alguna manera "más compacto" sigue pesando lo mismo que 1 kg de icopor, aunque este, aparentemente tenga mayor cantidad.

En ésta respuesta E7, reafirma el uso de la densidad como propiedad de los materiales mencionados y, de la relación entre la masa y el volumen. Aclara que sólo es una apariencia visual, porque realmente no existe la diferencia en la masa de ambos materiales. Consolida el uso de elementos constituyentes del modelo de proporcionalidad en la estructura de los argumentos presentados, de manera que se intuye una mejor comprensión del concepto (Tamayo, 2013).

Pregunta B- Una lámpara de lava se caracteriza por unas grandes gotas de aceite o cera en su interior que toman distintas formas constantemente y, que se asemejan a la corriente de lava de un volcán, de allí justamente proviene su nombre.

El primer paso para hacer una de estas lámparas de forma casera es colocar en un recipiente agua y aceite. ¿Cuál es el motivo por el cual el agua queda debajo del aceite?

Respuesta: Esto sucede porque la densidad (relación masa - volumen) del aceite es de alrededor de 0,92 y la densidad del agua es de 1 (estos datos en g/cm³), lo cual genera que el aceite que posee menor densidad se dirija hacia la parte superior y el agua quede abajo.

En esta respuesta el estudiante continúa exhibiendo elementos constituyentes del modelo de proporcionalidad, en los cuales soporta sus argumentos con varios elementos importantes, incluyendo datos numéricos válidos y unidades correspondientes a la densidad, que además relaciona y le da sentido (Justi, 2006).

Pregunta C- Las focas son animales esencialmente carnívoros, es decir que basan su dieta en carne específicamente pescado. Ellas sobreviven en zonas como los polos, por ende encuentran su alimento por debajo de la capa de hielo.

Teniendo en cuenta el ejemplo ¿Cuál es la razón por la cual así sea un pequeño trozo de hielo no se hunde en el agua?

Respuesta: Porque la temperatura afecta primero al agua que está en la superficie, generando que esta se congele y por ende hace que esta agua cambie su densidad por lo que está congelada, haciendo que el agua a una temperatura menor no se congele y no cambie su densidad.

De acuerdo con la Tabla 2, una de las características (la tercera) propias del manejo del modelo explicativo de proporcionalidad, es cuando se reconoce que el efecto que tiene la temperatura y la presión en la densidad de las sustancias. Evidentemente en la respuesta

anterior el estudiante E7, reconoce que una variable como la temperatura afecta directamente la densidad del agua y por ello se produce la flotabilidad del hielo.

Con base en lo anterior, el estudiante sigue con su tendencia en el uso del modelo de proporcionalidad. Además, cada vez incorpora otros componentes a los ya existentes, siendo una de las bases fundamentales del conocimiento científico (Orrego, Tamayo, & Ruiz, 2016).

.Pregunta D- Se tiene una almohada de algodón y se somete a compresión. ¿Cambia la densidad de una almohada de algodón cuando se comprime? Justifique.

Respuesta: Si, porque al comprimir la almohada cambia su volumen y por ende cambia su densidad; porque la densidad es la relación masa/volumen y si cambia el volumen efectivamente dada la expresión matemática cambiará su densidad.

En esta respuesta el estudiante identifica que existen fenómenos que afectan el volumen, provocando una disminución o ampliación del espacio de los cuerpos. Uno de estos fenómenos es la compresión, por ende si cambia el volumen del cuerpo, directamente provocará un cambio en la densidad del mismo. E7 mantiene su inclinación en el uso de características propias del modelo explicativo de proporcionalidad, reconociendo la definición operativa de densidad (Tamir & Ruiz Beviá, 2005) y haciendo uso de su expresión matemática.

Si se tiene en cuenta el contexto general de E7 frente a la segunda aplicación del instrumento, se puede observar que en cuanto al análisis del modelo explicativo, hay una continuidad en el uso de términos constituyentes del modelo de proporcionalidad; ya que, además de reconocer la densidad como una propiedad de la materia, característica para cada sustancia, identifica su expresión matemática y los efectos de la temperatura sobre ella. Intrínsecamente eliminó el uso de términos constituyentes de otros modelos como “pesado”, “liviano”, “espeso”, que fueron recurrentes en la información suministrada en el instrumento

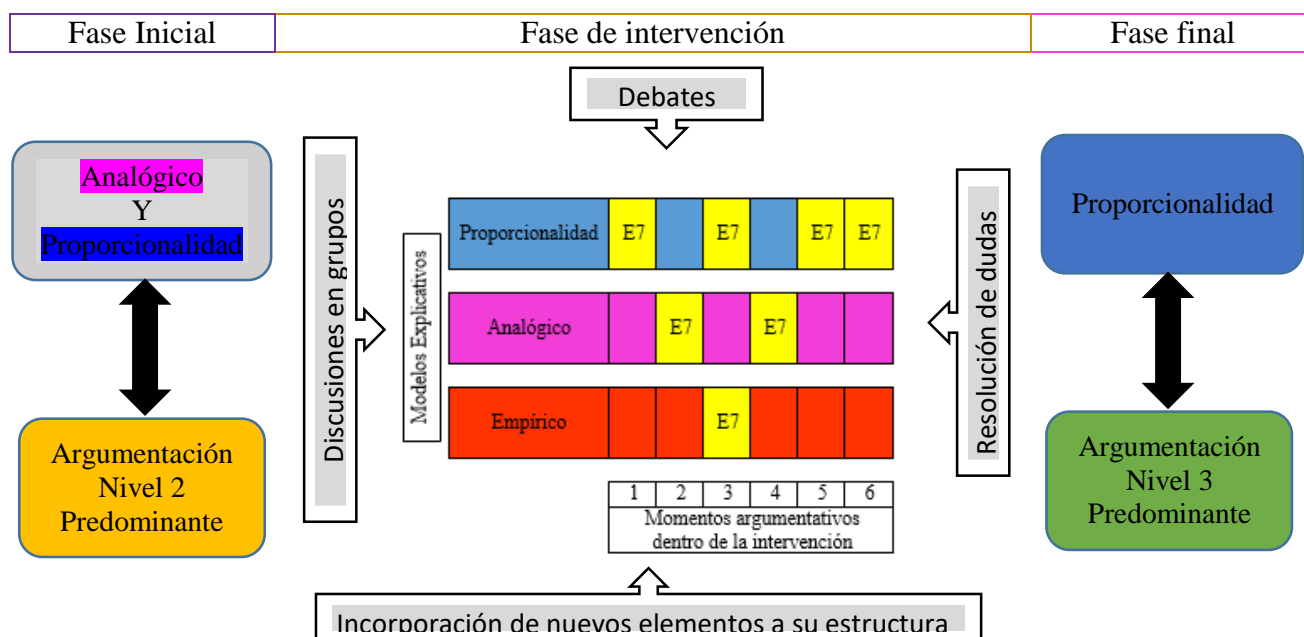
en la parte inicial; es por ello que el estudiante en la fase final se categoriza dentro del modelo de proporcionalidad.

En cuanto al nivel argumentativo en las respuestas exhibe un mejor dominio en los datos y conclusiones, asimismo de presentar una relación profunda entre ambos elementos, por ende se estaría hablando de un nivel argumentativo 3. Pero además, en otras como en la respuesta a la pregunta D, además de un dato que utiliza para construir la conclusión “al comprimir la almohada cambia su volumen y por ende cambia su densidad” también adiciona la justificación “porque la densidad es la relación masa/volumen y si cambia el volumen efectivamente dada la expresión matemática cambiará su densidad” para apoyar fuertemente su argumento y siempre manteniendo la relación con el concepto, lo que podría categorizarse como un nivel 5 según la rúbrica presentada en la Tabla 1.

No obstante, mirado desde la integralidad y a partir de la triangulación de la información se categoriza en Nivel 3 predominante.

4.2.1.1 Comportamiento general de E7

En la Gráfica 7, se resume el comportamiento del estudiante E7 durante toda la investigación. En ésta, se puede visualizar que el estudiante en la fase inicial presenta argumentos con una estructura muy simple y elementos diversos de sus modelos explicativos; algunos incorporados desde la cotidianidad (modelo analógico) pero que son utilizados con el propósito de organizar un argumento que sea comprensible para él (Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000).



Gráfica 7 Comportamiento de E7

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos durante las tres fases del proceso

Sin embargo, en la fase de intervención participa activamente en debates y discusiones en grupos pequeños, posibilitando a través de la interacción con sus compañeros la incorporación de nuevos elementos a su estructura argumentativa y fortaleciendo la relación de los mismos con el concepto de densidad. Además de, aclarar inquietudes que conllevan a un mejor entendimiento del tema (Tamayo, 2013), lo que se ve reflejado en las respuestas en la segunda aplicación del instrumento.

También a partir de dicha interacción, valida el modelo planteado inicialmente y progresivamente deja de lado representaciones de modelos alternativos (Orrego, Tamayo, & Ruiz, 2016), para ubicarse en el modelo explicativo de proporcionalidad con el manejo de diferentes características, siendo el más apropiado al modelo científico escolar del concepto de densidad.

4.2.2 Análisis E27

De igual manera que en el apartado anterior, se analiza de manera detallada el comportamiento del estudiante E27, durante cada una de las fases de la investigación, incluyendo la aplicación del instrumento en la etapa inicial, la participación durante los momentos argumentativos de la intervención didáctica y la aplicación del instrumento en la última fase, para finalmente comprender los cambios en los niveles argumentativos y los modelos explicativos que éste presenta.

A continuación se presentan los resultados de E27 a cada uno de los interrogantes del cuestionario, en la parte inicial.

Pregunta A- Se tiene un kilogramo de hierro y un kilogramo de icopor.

Pregunta A1- Comparando ambos materiales, ¿cuál de ellos tiene mayor cantidad?

Justifica completamente tu respuesta.

Respuesta de E27: Ambos tienen la misma cantidad que es un kilogramo.

La respuesta de E27 es correcta ya que reconoce que no hay variaciones en la cantidad, pero no es muy amplia su estructura argumentativa, al presentar únicamente un dato “un kilogramo”; lo que además impide, identificar elementos constitutivos de algún modelo en específico.

Pregunta A2- Describa la razón por la cual parece haber más cantidad de icopor.

Respuesta de E27: Porque al ser hierro un compuesto más compacto y el icopor un compuesto menos compacto, se necesita mayor cantidad de icopor para alcanzar el kilogramo.

En esta respuesta el estudiante al utilizar el término “compacto” determina que el hierro como material es más denso que el icopor, lo que se categorizaría como un constituyente del modelo analógico, ya que emplea las diferencias de densidades como la

principal causa del interrogante. Sin embargo, considera “el hierro un compuesto” y también hace referencia a que es por ello que “se necesita más cantidad de icopor”, pero en la respuesta A1 afirma contundentemente que el planteamiento habla de la misma cantidad de ambos materiales, observándose cierto obstáculo en la identificación con claridad de las propiedades masa y volumen de la materia (Raviolo, Moscato, & Schnersch, 2005). Que se convierten en componentes del modelo empírico.

Teniendo en cuenta la estructura argumentativa únicamente presenta datos “el hierro es un compuesto más compacto” y “el icopor menos compacto”, con los cuales intenta enlazar una conclusión pero carente de relación; por lo cual, tendería a un Nivel 2 de argumentación según la rejilla de orientación presentada en la Tabla 1.

Pregunta B- Una lámpara de lava se caracteriza por unas grandes gotas de aceite o cera en su interior que toman distintas formas constantemente y, que se asemejan a la corriente de lava de un volcán, de allí justamente proviene su nombre.

El primer paso para hacer una de estas lámparas de forma casera es colocar en un recipiente agua y aceite. ¿Cuál es el motivo por el cual el agua queda debajo del aceite?

Respuesta: Porque el agua es más densa y el aceite menos denso, el aceite flota pero no se mezcla con el agua.

E27 en el argumento presentado, expresa con propiedad que es debido a la diferencia de densidades por lo cual se produce el fenómeno de flotabilidad del aceite sobre el agua; lo que puede interpretarse como que el estudiante reconoce la densidad como una propiedad específica de la materia. No obstante, su respuesta es poco estructurada, al presentar únicamente datos “el agua es más densa”, “el aceite menos denso”, “el aceite flota”, que logra vincular con la conclusión carente de relación con el concepto y lo que limita la identificación de otros elementos de algún modelo en específico, por lo cual continúa con la

tendencia hacia un modelo empírico, construido más de su cotidianidad (Llorens, De Jaime, & Llopis, 1989).

Pregunta C- Las focas son animales esencialmente carnívoros, es decir que basan su dieta en carne específicamente pescado. Ellas sobreviven en zonas como los polos, por ende encuentran su alimento por debajo de la capa de hielo.

Teniendo en cuenta el ejemplo ¿Cuál es la razón por la cual así sea un pequeño trozo de hielo no se hunde en el agua?

Respuesta: Porque el agua al estar en un estado sólido no se congela homogéneamente si no que quedan espacios que impulsan a hielo a la superficie.

E27 construye su respuesta partiendo del hecho de que el agua en estado sólido presenta una distribución molecular diferente a la del agua líquida. Además, incluye el término “espacio” y entendido como volumen, es por la diferencia de éste que se genera el fenómeno de flotabilidad del hielo sobre el agua, por lo cual se categoriza como un componente del modelo de proporcionalidad.

Observando la estructura argumentativa y su relación con el concepto de la respuesta a la pregunta C, el estudiante presenta un dato que vincula a una conclusión que internamente tiene relación, por lo tanto con base en la rejilla de orientación se podría categorizar como Nivel 3.

.Pregunta D- Se tiene una almohada de algodón y se somete a compresión. ¿Cambia la masa de una almohada de algodón cuando se comprime? Justifique.

Respuesta: No, porque al estar comprimiendo la almohada no interfiere en la masa solo se encuentra en una forma más compacta.

El estudiante en la respuesta anterior registra que la masa es una propiedad independiente del fenómeno de compresión, esta premisa es lejana a una concepción espontánea o de origen sensorial de acuerdo a lo planteado por Pozo & Gómez (2006).

Reutiliza del término “compacto” para referirse a denso, por ende presenta elementos que son constituyentes del modelo de proporcionalidad.

Su argumento es un poco más estructurado, al incluir una justificación “sólo se encuentra en una forma más compacta” e intentar relacionar internamente con el concepto de densidad.

Desde la integralidad de todas las respuestas de la aplicación del instrumento en el momento inicial de la investigación, el estudiante E27 maneja variados elementos en su estructura argumentativa como datos, conclusiones y hasta una justificación; pero no es consistente en un solo nivel; sin embargo, reiterativamente presenta los elementos de nivel 2; por lo tanto, se categoriza con predominancia en dicho nivel.

Haciendo referencia al modelo explicativo, exhibe tanto elementos del modelo empírico como del de proporcionalidad. No se puede unificar un solo criterio por lo que se categoriza entre ambos modelos.

Durante las sesiones de la intervención didáctica el estudiante E27, presenta participación activa durante los momentos argumentativos, en los cuales interactúa con sus compañeros en discusiones y debates, defendiendo y aportando sus opiniones frente a los cuestionamientos planteados como se puede observar en Tabla 14.

Tabla 14 Fragmento de momento argumentativo 1, intervención de E27.

Fuente: Construcción propia a partir de la transcripción del momento argumentativo 1.

Participante	Diálogo	Elementos
E7	Ehhh. ¿Cómo lo verificaríamos? Muy fácil. Se usaría un... medidor de masa o una balanza (C) , o una pesa como ya lo conocemos (D) , en la cual se pone un objeto y esto nos hace saber qué cantidad de masa tiene (J) . Entonces se pondrían los tres objetos (C) . Se pondría un objeto y se sabría la masa (C) , luego el otro y luego el otro. Y determinaríamos cual es el objeto con mayor masa (C) .	Dato Conclusión Justificación
E27	Pues la cosa seria cómo sabríamos sino sabemos, digamos que tiene (R) ...	Refutación

E22	Pues yo realmente creo que se puede medir como usted lo dice pero si estuviera en físico como tal.	
E27	Porque sabría que hay adentro (C).	Conclusión
E22	En la hoja sería...	
E27	Porque si por ejemplo está... sabiendo que está hueco (D) no... O sea sin saber por ejemplo que tiene adentro (D) no vamos a saber más o menos cual es el más pesado (R). Porque como no sabemos que es lo que está adentro (J) entonces puede tener cualquier peso (C). Y al hacerle, ehh... al pesarlo, ehheh o sea... no sé cómo explicar.	Dato Conclusión Justificación

De manera general en las intervenciones presentadas por el estudiante se observa que es reiterativo el uso de datos, conclusiones y justificaciones; sin embargo, muchos de éstos elementos carecen de relación con el concepto trabajado. Además, se puede visualizar que el estudiante los utiliza desde representaciones sensoriales como “sabiendo que está hueco” (Pozo & Gómez, 1998) y otros con representaciones cotidianas “entonces puede tener cualquier peso” (Llorens, De Jaime, & Llopis, 1989).

Se hace complejo categorizarlo en el uso de un solo modelo, ya que dependiendo del contexto el adopta diferentes posturas (Justi, 2006), presentando elementos de los tres modelos explicativos según el momento argumentativo y los compañeros que hacían parte del subgrupo; lo que corrobora la teoría de Orrego, Tamayo, & Ruiz, (2016), cuando afirman que los modelos no son estáticos ni definitivos, sino que tienen un comportamiento dinámico, tan solo por la interacción con otros.

Cabe aclarar que a medida que transcurre el desarrollo de la secuencia didáctica el estudiante consolida el uso de elementos pertenecientes del modelo analógico como “pesado” y “liviano”; que no logra eliminar de su estructura cognitiva sino que combina con los nuevos elementos incorporados a los ya existentes (Orrego, Lopez, & Tamayo, 2013).

Finalizadas las sesiones de la intervención, se aplica nuevamente el cuestionario; a continuación se presentan los resultados de E27 a cada uno de los interrogantes.

Pregunta A- Se tiene un kilogramo de hierro y un kilogramo de icopor.

Pregunta A1- Comparando ambos materiales, ¿cuál de ellos tiene mayor cantidad?

Justifica completamente tu respuesta.

Respuesta de E27: Los dos cuentan con un kilogramo, que es la misma cantidad de los dos materiales.

En esta respuesta no es muy vasto el argumento presentado por el estudiante E27, únicamente se estructura desde la presentación de un par de datos que ni siquiera intenta relacionar. Y, tampoco permite identificar elementos constituyentes de algún modelo.

Pregunta A2- Describa la razón por la cual parece haber más cantidad de icopor.

Respuesta de E27: Porque el icopor tiene mayor volumen que el hierro y hace ver que es mucho más abundante.

En este punto, E27 identifica que no es una diferencia de cantidades entre los materiales, sino que se debe a la disparidad en el volumen con relación a la masa presentada; esto se categoriza como un constituyente del modelo de proporcionalidad. Sin embargo, cuando hace referencia a que “es mucho más abundante” implícitamente habla de mayor cantidad, lo que sigue siendo un obstáculo al no identificar correctamente el término de masa (Raviolo, Moscato, & Schnersch, 2005).

En cuanto al nivel argumentativo, nuevamente es muy limitado en los elementos que constituyen su estructura y carente de relación. Si se habla de un contexto general de la pregunta A, teniendo en cuenta la rúbrica presentada en la Tabla 1, se ubicaría en el nivel 1.

Pregunta B- Una lámpara de lava se caracteriza por unas grandes gotas de aceite o cera en su interior que toman distintas formas constantemente y, que se asemejan a la corriente de lava de un volcán, de allí justamente proviene su nombre.

El primer paso para hacer una de estas lámparas de forma casera es colocar en un recipiente agua y aceite. ¿Cuál es el motivo por el cual el agua queda debajo del aceite?

Respuesta: Porque el agua es más densa que el aceite y al no tener las mismas densidades no se pueden mezclar, haciendo que el aceite flote en el agua.

Comparando la respuesta presentada en esta misma pregunta, con respecto a la aplicación del instrumento en la fase inicial “Porque el agua es más densa y el aceite menos denso, el aceite flota pero no se mezcla con el agua”; se puede afirmar que es la misma respuesta con palabras prácticamente iguales, en consecuencia no hay ninguna modificación en la estructura cognitiva ya establecida (Orrego, Tamayo, & Ruiz, 2016), y que la interacción con sus compañeros tuvo poca influencia para provocar un cambio en la misma ya que es más fuerte la influencia de lo construido desde su cotidianidad y que ha sido resultado de sus experiencias, vivencias (Llorens, De Jaime, & Llopis, 1989)..

Pregunta C- Las focas son animales esencialmente carnívoros, es decir que basan su dieta en carne específicamente pescado. Ellas sobreviven en zonas como los polos, por ende encuentran su alimento por debajo de la capa de hielo.

Teniendo en cuenta el ejemplo ¿Cuál es la razón por la cual así sea un pequeño trozo de hielo no se hunde en el agua?

Respuesta: Porque al bajar la temperatura, el agua va perdiendo densidad y para cuando se transforma en hielo, éste y el agua de debajo tienen diferentes densidades y flota.

En esta respuesta el estudiante E27, reconoce que la temperatura tiene un efecto directo sobre la densidad del agua, criterio constituyente del modelo de proporcionalidad característica 3, y que debido a esta diferencia es que se produce el fenómeno de flotabilidad.

En cuanto a la estructura argumentativa, se puede identificar un argumento más estructurado con un dato “al bajar la temperatura” que se enlaza con otros datos “el agua va perdiendo densidad”, “cuando se transforma en hielo” para terminar en una conclusión que presenta relación con el concepto. De acuerdo con la rejilla de orientación de niveles argumentativos planteados en la Tabla 1, se categoriza en el nivel 3.

.Pregunta D- Se tiene una almohada de algodón y se somete a compresión. ¿Cambia la densidad de una almohada de algodón cuando se comprime? Justifique.

Respuesta: Si, porque el volumen no es igual al comprimirse, su volumen disminuye pero su masa sigue siendo igual lo que afecta directamente el cálculo de la densidad.

El estudiante E27 en esta respuesta establece que el volumen del cuerpo se ve afectado por el fenómeno de compresión, disminuyendo el espacio que ocupa el mismo; además, reconoce que la expresión matemática al cambiar alguna de las variables va a cambiar el resultado final, estos elementos son constituyentes propios del modelo explicativo de proporcionalidad.

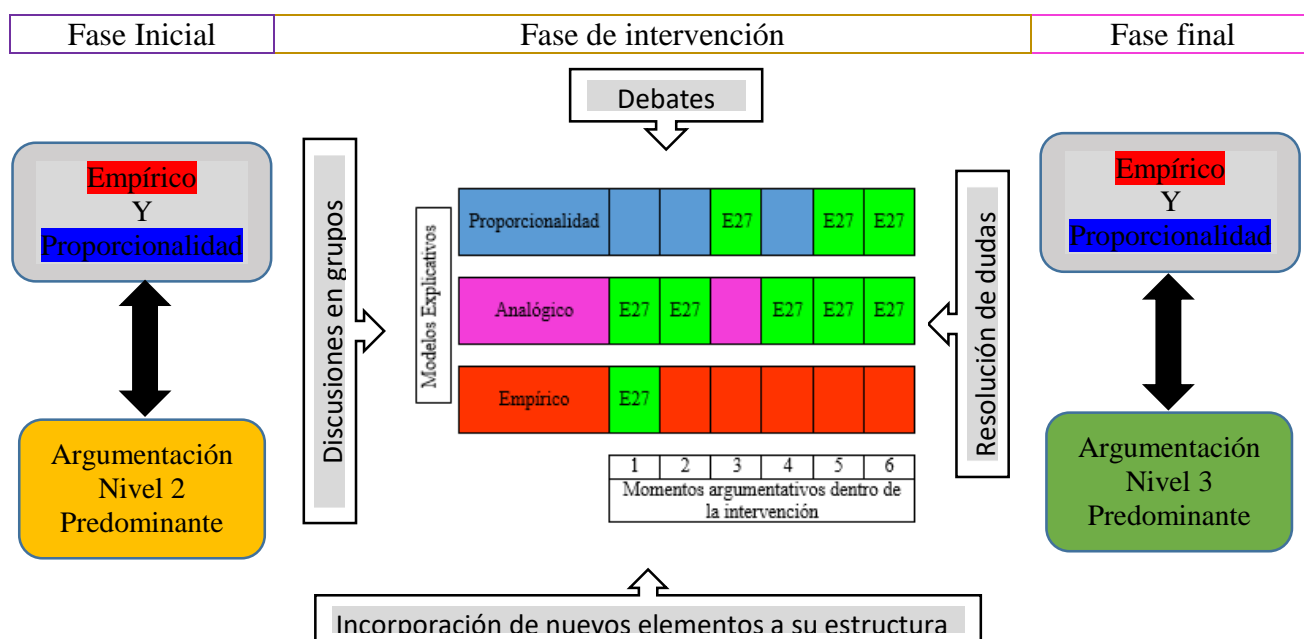
El argumento presenta datos como por ejemplo “su volumen disminuye”, que usa directamente en la conformación de una conclusión “lo que afecta directamente el cálculo de la densidad”, que presenta una relación directa con el tema, por ende continúa con su tendencia de un nivel argumentativo 3.

Teniendo en cuenta la integralidad y la triangulación de toda la información recolecta en la segunda aplicación del instrumento, el estudiante E27 se categoriza en cuanto a su nivel argumentativo de manera predominante en 3; y, en referencia a su modelo explicativo no presenta cambios en su representaciones en comparación con el momento inicial, movilizándose entre el modelo empírico y proporcionalidad.

4.2.2.1 Comportamiento general de E7

Teniendo en cuenta toda la información recolectada a través de las aplicaciones del instrumento tanto en la fase inicial como en la final; así como, los fragmentos de las transcripciones de las grabaciones de los momentos argumentativos desarrollados durante la intervención didáctica en los cuales él intervenía, se puede visualizar en la Gráfica 8, el resumen del comportamiento del estudiante durante todo el proceso.

E27 en el inicio de la investigación presenta elementos particulares que conforman su propio modelo (Aguilera & Ortiz, 2009) del concepto de densidad, constitutivos en algunos casos del modelo empírico que básicamente se dan, como indican Pozo & Gómez (2006), desde la construcción de representaciones culturales y en interacciones con el entorno.



Gráfica 8 Comportamiento general de E27

Fuente: Construcción propia a partir de los datos obtenidos durante las tres fases del proceso

De igual manera incluye elementos del modelo de proporcionalidad que conserva a lo largo de todo el proceso.

Uno de los aspectos más llamativos de E27, es que no se limitó al uso de un solo modelo; sino que, siempre mantuvo una dinámica de movilización entre los tres modelos, dependiendo especialmente, de los compañeros que estaban junto con él en los subgrupos de debate y discusión, lo que se hace evidente dado que en las respuestas al instrumento nunca presentó elementos constitutivos del modelo de proporcionalidad, pero en las intervenciones durante los momentos argumentativos se adhería fácilmente a lo que otros estudiantes presentaban, una ejemplificación de esto se puede visualizar en Tabla 13, que es un fragmento de una de las intervenciones del estudiante E7. Cuando el estudiante E19 pregunta que si están de acuerdo con lo expresado por E7, el primero en responder que sí, es E27; lo que se puede interpretar como que este estudiante varía fácilmente sus posturas según el entorno (Orrego, Tamayo, & Ruiz, 2016).

Al mismo tiempo, si se mira desde la generalidad las respuestas a ambas aplicaciones del instrumento, no son muy lejanas unas respuestas de otras, lo que es claramente observable en los resultados generales Gráfica 8, del momento inicial y del momento final. Dicho estudiante no incorpora nuevos elementos a su estructura argumentativa ya que la única diferencia entre el nivel 2 y el nivel 3 es la relación que presentan los elementos internamente con el concepto, por ende E27 después de la intervención simplemente conserva en su estructura cognitiva las perspectivas que traía establecidas y sus modelos preconcebidos, pero dentro de su estructura argumentativa logra relacionar los elementos con mayor facilidad que en la fase inicial.

Retomando a Justi (2006), de esta manera también hay lugar al aprendizaje, ya que dicho estudiante realiza la construcción de sus propios modelos y efectúa el uso de los mismos en diferentes momentos.

5. Conclusiones

En el siguiente apartado se presentan las conclusiones generales de la investigación a partir de la pregunta de investigación y de los objetivos planteados en la misma.

Al inicio de la investigación se planteó la siguiente pregunta ¿Cómo cambian los modelos explicativos sobre el concepto de densidad y la estructura de los argumentos de los estudiantes de grado décimo tras su participación en el desarrollo de procesos argumentativos en el aula de ciencias? Con base en los resultados que arrojó el estudio se pueden plantear varios aspectos orientados a la resolución de dicha pregunta.

De manera general se puede afirmar que, progresivamente se dio un cambio significativo tanto en los modelos explicativos como en los niveles argumentativos.

Esto debido a que si nos remitimos a la Tabla 12 **Comparativo entre fase inicial y fase final de la relación entre los niveles y los modelos**, se puede visualizar claramente que después de la participación en la secuencia didáctica diseñada, en la cual se primaba el desarrollo de procesos argumentativos; se produjo por parte de los estudiantes una movilización desde perspectivas alternativas como confundir peso con masa, viscoso con denso, liviano con poco voluminoso, hacia un modelo más cercano al científico escolar sobre el concepto de densidad, reflejado en el modelo de proporcionalidad.

Como indican Orrego, Tamayo, & Ruiz (2016), las representaciones que construye un individuo no son estáticas, ni definitivas y pueden cambiar, tan solo por la interacción con el entorno y con otros, y esto se hizo evidente dando a los estudiantes la oportunidad de participar sin ningún tipo de restricción en los debates y discusiones en subgrupos, que se fomentaban en el aula de clase alrededor de cuestiones relacionadas con la densidad; a partir de las cuales, muchos de los ellos dejaban de lado términos constituyentes del modelo analógico y el empírico para dar paso a la incorporación de nuevos elementos conceptuales

que integraban a su estructura cognitiva, con el fin de otorgarle sentido y con ello construir una explicación (Justi, 2006) desde el modelo de proporcionalidad.

La interacción con los compañeros en los momentos argumentativos, no sólo le permitió al estudiante validar sus propios modelos, sino que además, le brindó la oportunidad de fortalecer el uso del lenguaje científico y con ello lograr una mejor comprensión de la temática tratada, reflejada en los resultados obtenidos en la aplicación del instrumento en la parte final.

Lo mencionado anteriormente pasa a ser uno de los motivos por los cuales la argumentación entendida como actividad social, intelectual y verbal (Ardúriz, y otros, 2005), se convierte en una herramienta poderosa que contribuye a la consolidación del conocimiento saliéndose de las propuestas tradicionales y transmisionistas a la que están acostumbrados la mayoría de los niños y jóvenes en su proceso educativo.

El nivel argumentativo de los estudiantes también sufrió un cambio importante, al evidenciarse considerablemente un aumento comparando la etapa inicial frente a la etapa final. Inicialmente la estructura argumentativa de los estudiantes era reducida, al presentar en las respuestas básicamente datos y en el mejor de los casos un nivel 3, que de acuerdo con la rejilla de orientación presentada en la Tabla 1 Rejilla de orientación para ubicar los niveles argumentativos., es un argumento que cuenta con dato/s y conclusiones que tenían relación internamente con el concepto.

Sin embargo, posterior a la intervención didáctica desaparece el nivel más bajo presente en la primera fase y en consecuencia, aparecen niveles que no habían sido visualizados anteriormente, en los cuales no sólo hay datos y conclusiones; sino que además, se incorpora a la estructura la justificación como elemento de un argumento más completo según el modelo propuesto por Toulmin (Buitrago, Mejía, & Hernández, 2013), así como el

establecimiento de una relación entre el argumento y el concepto. Para verificar esta información se puede visualizar el caso del estudiante E5, que en la parte inicial del proceso presenta una tendencia entre nivel 1 y nivel 2 de argumentación, con respuestas muy básicas estructuralmente que se pueden visualizar en Tabla 8; mientras que luego de las 6 sesiones que comprendían la secuencia didáctica, se categoriza en nivel 5 con respuestas más elaboradas que se pueden observar en la Tabla 11.

Como se estableció en el capítulo I, que describe el planteamiento del problema de investigación, la pregunta fue articulada a un objetivo general y tres objetivos específicos.

Con respecto al primer propósito específico; basado en el análisis del discurso que se realizó de la información recolectada, se procedió a caracterizar tanto los modelos explicativos sobre densidad, como la estructura de los argumentos iniciales y finales de los estudiantes. Encontrando que, con respecto a los modelos en la etapa inicial el 28% de los estudiantes exhibían elementos constituyentes del modelo analógico y tan sólo el 21% componentes del modelo de proporcionalidad, mientras que el 45% se movían entre dos modelos, discriminado de la siguiente manera 17% entre analógico y empírico, 14% entre analógico y proporcionalidad, 14% entre empírico y proporcionalidad; lo que significa que los estudiantes tenían ideas preconcebidas sobre el tema, algunas de ellas por el tipo de contenido que ilustraban, construidas desde la interacción cotidiana con los objetos (Pozo & Gómez, 2006) y otras a partir de la interacción social con el entorno (Llorens, De Jaime, & Llopis, 1989), que hicieron manifiestas a través de su lenguaje expresando algunas representaciones alternativas y combinación entre modelos .

Después de la intervención didáctica la caracterización cambia completamente y se observa que 83% de los estudiantes exhiben el modelo de proporcionalidad, reconociendo la densidad como una propiedad específica de la materia que se determina por la relación entre

dos variables y que se ve afectada por la temperatura. El 17% restante conservó su tendencia de movilidad entre dos modelos; sin embargo, en dicha combinación siempre hubo características del modelo de proporcionalidad presente.

La caracterización de los niveles argumentativos tuvo la siguiente distribución en la etapa inicial; el nivel más representativo fue el 2 en el cual el argumento presentaba dato/s y una conclusión pero carentes de relación con el concepto, figurando en el 77% de los estudiantes; mientras que, el nivel más alto fue el 3, en el cual esos dato/s y esa conclusión poseían algún tipo de relación con la densidad; sin embargo, el porcentaje es muy bajo únicamente el 7% de los estudiantes mostraron la capacidad para relacionar dichos elementos de la estructura argumentativa con el concepto. Mientras que en la etapa final, el nivel 2 pasa a estar presente solamente en el 21%, el nivel 3 gana fuerza al pasar al 54% y aparecen los niveles 4 y 5 con un porcentaje cada uno del 7%.

Con respecto al segundo objetivo específico, el cual pretendía promover cambios tanto en los modelos explicativos como en la estructura de los argumentos, es evidente que a partir de los resultados encontrados, se puede establecer que luego de la ejecución de la secuencia didáctica basada en el desarrollo de procesos argumentativos en el aula; ésta tuvo un impacto positivo dado que los cambios presentados fueron significativos en ambas categorías. En el nivel argumentativo desapareciendo completamente el nivel más bajo presentado en la fase inicial y consolidando niveles más estructurados como el 3, 4 y 5. Y, con referencia al modelo explicativo todos los estudiantes al finalizar la intervención presentaron elementos constitutivos del mismo, dejando de lado algunas concepciones alternativas visualizadas al inicio del proceso y todo esto, gracias a la participación en los momentos argumentativos en los cuales la interacción con sus compañeros en espacios de debates y discusiones les brindaron los elementos necesarios para hacer la movilización a otro modelo.

Al hacer referencia al último objetivo específico que pretendía evaluar la relación entre los procesos argumentativos y el cambio en los modelos explicativos del concepto de densidad; se puede expresar que, al llevar al aula una secuencia didáctica en la cual los estudiantes tuvieron la posibilidad de interactuar entre sí, en espacios de debate y discusión desarrollados de manera espontánea y partiendo de los puntos de vista y concepciones individuales, se logró que los estudiantes comunicaran sus posturas, apoyaran y/o refutaran los enfoques de los compañeros y fueran dejando de lado posiciones a medida que los otros presentaban criterios con más fuerza apoyados en elementos teóricos y conceptuales. Todo lo anterior involucra procesos argumentativos que desencadenaron en el cambio de los modelos explicativos, por ende la relación se establece de manera directa, a medida que el estudiante intenta dar cuenta o explicar un fenómeno va construyendo sus propias representaciones que le permiten comprender a profundidad el tema, en este sentido se ratifica lo expuesto por Adúriz & Izquierdo (2009), cuando expone que el uso de modelos se entiende como un proceso propio de la ciencia, dado que la creación de modelos o modelización científica, consiste en la construcción de representaciones mentales e intrínsecamente involucra procesos argumentativos con los cuales se pueda expresar o dar cuenta de los mismos.

6. Implicaciones didácticas de la investigación

Con base en el desarrollo del estudio se ponen de manifiesto las siguientes implicaciones.

La primera, antes de llevar al aula de ciencias cualquier intervención académica se hace fundamental que los docentes conozcan las concepciones preestablecidas que tienen los estudiantes sobre la temática a desarrollar (Justi, 2006), ya que es con base en ellas, como éste da razón a fenómenos cotidianos y científicos que encuentra a su alrededor y sobre el cual funda su conocimiento.

La segunda, abordar un concepto como el de la densidad que por su naturaleza abstracta en muchas ocasiones se vuelve complejo de comprender (Gabel & Bunce, 1994), desde didácticas tradicionales en la cual la repetición de datos y resultados es lo habitual, hace que el problema se agudice. Sin embargo, entender que es desde diferentes modelos como el estudiante construye sus explicaciones y da cuenta de las temáticas permite de manera progresiva se le brinden elementos teóricos y conceptuales que le permitan superar obstáculos y construir sus modelos científicos escolares (Tamayo, 2013).

Tercero, hacer de herramientas como la argumentación, un diario vivir y no una eventualidad en las aulas, donde el estudiante sea el actor principal y a partir de su interacción con otros pueda construir su propio conocimiento e ir migrando aquellas prácticas en las cuales el estudiante simplemente no tiene protagonismo.

Bibliografía

- Adúriz, A., & Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, versión On-line ISSN 1850-6666.
- Aguilar, F. Y. (2011). *Propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos de densidad y presión abordados en la educación secundaria*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/4884/1/favioyecidaguilarrodriguez.2011.pdf>
- Aguilera, E., & Ortiz, E. (2009). Las investigaciones sobre los estilos de aprendizaje y sus modelos explicativos. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 4(4), 1-15.
- Antón, A. (2016). Análisis del discurso mediante el modelo de Toulmin. *Jornades de Foment de la Investigació, Universitat Jaume I*, 1-8.
- Aragón, M. d. (2004). La ciencia de lo cotidiano. *Eureka sobre la enseñanza y divulgación de las ciencias*. 1(2), 109-121.
- Ardúriz, A., Revel, A., Couló, A., Erduran, S., Furman, M., & Iglesia, P. (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, , Número extra. VII Congreso.
- Badía, E. (19 de Abril de 2013). *Reflexiones sobre el atomismo y las partículas elementales, a la luz de la filosofía e la química*. Obtenido de Repositorio Digital de Ciencia y Cultura del Salvador: <http://hdl.handle.net/10972/865>
- Bermejo, L. (2009). La distinción aristotélica entre Lógica, Dialéctica y Retórica y su lugar en la Teoría de la Argumentación. *Cogency 1* (2), 27-48.

- Bermejo, L. (2011). *¿Por qué argumentar y por qué hacerlo bien?* Madrid: Instituto de Filosofía, Universidad de Granada.
- Botero, H. d. (2010). Una revisión del concepto de densidad: la implicación de los conceptos estructurantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista de educación y pensamiento*, 17, 23-32.
- Braun, A. R. (s.f.). Free Bolas de espuma de poliestireno Stock Photo. *Figura 1*. Obtenido de <https://es.freeimages.com/photo/bolinhas-de-isopor-1457871>.
- Buitrago Martín, Á. R., Mejía Cuenca, N. M., & Hernández Barbosa, R. (2013). La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las ciencias. *Innovación educativa (México, DF)*, 13(63), 17-39.
- Buitrago, Á., Mejía, N. M., & Hernández, R. (2013). La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las ciencias. *Innovación educativa*, 13(63), 17-40.
- Buitrago, A., Mejía, N., & Hernández, R. (2013). La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las Ciencias. *Innovación Educativa*, 13 (63), 17-40.
- Chamizo, J. (2007). Historia y epistemología de las Ciencias: Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (1), 133–146.
- Concari, S. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciência & Educação*, 7(1), 85-94.
- Del Rio, K. J. (2017). *La ciencia como fenómeno de la cultura: el concepto del átomo*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Díaz Barriga, Á. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica*. Obtenido de Universidad Autónoma de México: <http://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20Primera%20Eval>

uaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-didacticas_Angel%20D%C3%ADaz.pdf

Durango, Z. (2016). ¿Por qué es importante la investigación cualitativa en educación? *Revista virtual deñ proyecto institucional de competencias comunicativas: Portal de las palabras*, ISSN 2500-4875. En línea.

Edwards, D., & Potter, J. (1992). *Discursive psychology*. Londres.

Erduran, S., Osborne, J., & Simon, S. (2004). Tapping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 8(6), 915-933.

Fiorin, J. L. (2014). Argumentation and discourse. *Bakhtiniana: Revista de Estudos do Discurso*, 9(1), 53-70.

Gabel, D., & Bunce, D. (1994). Research on problem solving: chemistry. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 301-326 .

Garcia, G. (2016). *Aprendizaje basado en problemas y argumentación, herramientas para promover cambios en los modelos explicativos sobre el infarto agudo del miocardio*.

Obtenido de repositorio utp:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7260/3701523G216.pdf?sequence=1>

Gercman, B. (2003). *Mundo Griego I - La Polis, la ciudadanía y la democracia*. Buenos Aires: Ediciones del Signo.

Gilbert, J., Boulter, C., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. *Developing Models in Science Education* , 3-17.

- Ibañez, G. (1992). Planificación de unidades didácticas una propuesta de formalización. *En Aula, N°1*, 13-15.
- Izquierdo, M. C., Peral, F., De la Plaza, M. d., & Troitiño, M. D. (2013). *Evolución histórica de los principios de la Química*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Jiménez, M. d. (1998). Diseño Curricular: Indagación y razonamiento con el lenguaje de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 16 (2), 203-216.
- Jiménez, M. d., & Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias, Vol. 21 (3)*, 359-370.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de la ciencias*, 24(2), 173-184.
- Justi, R., & John, G. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Labs, C. (s.f.). Laboratorio densidades. *Figura 8 y 9*.
<http://moodle.oncloudlabs.co/course/index.php?categoryid=2>.
- Llorens, J., De Jaime, M., & Llopis, R. (1989). La función del lenguaje en un enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 111-119.
- Maldonado, L. E. (2016). *Diseño y aplicación de una unidad didáctica, para la enseñanza del concepto de densidad, usando como herramienta principal un recurso TIC (vídeo)*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- Marro, M., & Dellamea, A. (1993). *Evolución histórica de la argumentación*. Buenos Aires: Fundación Universitaria a distancia “Hernandarias”.
- Martínez Rodríguez, J. (2011). Métodos de investigación cualitativa. *Silogismo* (8). *Revista de la corporación internacional para el desarrollo educativo*, 1-33.
- Moreira, M. A., & Greca, I. M. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3), 37-57.
- Mosterín, J. (2003). *Conceptos y teorías en la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Munarriz, B. (1992). *Técnicas y métodos en investigación cualitativa*. Obtenido de ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/8533/CC-02art8ocr.pdf: Unversidad del País Vasco
- Muñoz Bello, R., & Bertomeu Sánchez, J. R. (2003). La historia de la Ciencia en los libros de texto: La(s) hipótesis de Avogadro. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 147-159.
- Nersessian, N. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. *Cognitive models of science* 15, 3-44.
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21 (5), 553-576.
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science . *International Journal of Science Education*, 21(5) , 553-576.
- Orrego, M., Lopez, A., & Tamayo, O. (2013). Evolucion de los modelos explicativos de fagocitosen estudiantes universitarios. . *Revista Latinoamericana de estudios educativos*, 9(1), 79-106.

Orrego, M., Tamayo, O., & Ruiz, F. (2016). *Unidades didácticas para la enseñanza* .

Manizales: Universidad Autónoma de Manizales.

Orrego, M., Tamayo, o., & Ruiz, F. (2016). *Unidades didácticas para las ciencias*.

Manizales: Universidad Autónoma de Manizales.

Páez, Y., Rodríguez, M. A., & Niaz, M. (2004). Los Modelos Atómicos desde la perspectiva de la historia y filosofía de la ciencia: un análisis de la imagen reflejada por los textos de química de bachillerato. *Investigación y Postgrado*, 19(1), 51-77.

Pájaro, P. P., & Trejos, S. P. (2017). *Desarrollo de la competencia argumentativa y su relación con los modelos explicativos del concepto de tejido muscular en el aula de séptimo grado* . Obtenido de Repositorio utp:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/7858>

Parra, E. (2009). Arquímedes: su vida, obras y aportes a la matemática moderna. *Revista digital Matemática, Educación e Internet* 9(1), 1-40.

Pedros, R. (s.f.). *Densidad y viscosidad*. Obtenido de Universidad de Valencia:

<https://core.ac.uk/download/pdf/71018892.pdf>

Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciência & Educação (Bauru)*, 21(2) , 307-327.

Plantín, C. (2012). *La Argumentación: Historia, Teorías, Perspectivas*. Buenos Aires: Biblos.

Pozo, J., & Gómez, M. (1998). Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. En J. Pozo, & M. Gómez, *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico* (págs. 1-33). Madrid: Morata.

Pozo, J., & Gómez, M. (2006). *Aprender y enseñar Ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.

Raviolo, A., Moscato, M., & Schnersch, A. (2005). Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico. *Revista de Enseñanza de la Física*, 18(2), 93-103.

Riquelme, J. (s.f.). Toledo. *Figura 2*. Obtenido de <https://images.freeimages.com/images/thumbs/a08/toledo-1218179.jpg>

Risco del Valle, E. (2015). Las teorías de la argumentación en el tiempo I: La época fundacional. *Alpha (Osorno)*, (40), 81-93. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-22012015000100007>

Rodríguez, G., Gil, J., & García, E. (Granada (España) de 1996). *Metodología de la investigacion cualitativa*. Obtenido de media.utp.edu.co/centro...de...investigacion-cualitativa/investigacioncualitativa.doc: Ediciones Aljibe

Rodríguez, L. (2008). *La argumentación*. México: Universidad Autónoma de México. Instituto de Investigaciones sociales.

Rodríguez, M. L., Marrero, J., & Moreira, M. A. (2001). La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria. *Investigações em ensino de ciências*, 6 (3), 243 – 268.

Ruiz, F. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Latinoamericana de Estudios Educativos*, 3 (2), 41 - 60.

Ruiz, F., Tamayo, Ó., & Márquez, C. (2013). La enseñanza de la argumentación en ciencias: un proceso que requiere cambios en las concepciones epistemológicas, conceptuales, didácticas y en la estructura argumentativa de los docentes. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 1 (9), 29-52.

- Ruiz, F., Tamayo, O., & Márquez, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para la enseñanza. *Educação E Pesquisa*, 41(3), 629-645.
- Sardà, A., & Sanmatí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: Un reto de las clases de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 405-422.
- Tamayo, O. (2011). La argumentación como constituyente del pensamiento crítico en niños. *Hallazgos*, 9 (17), 211-233.
- Tamayo, O. (2013). Modelos y modelización en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *IX Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*, 3484-3487.
- Tamayo, O., Orrego, M., & Dávila, A. (2014). Modelos explicativos de estudiantes acerca del concepto de respiración. *Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 129-145.
- Tamir, A., & Ruiz Beviá, F. (2005). *Ley de Conservación de la Materia*. Obtenido de <https://rua.ua.es/>
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8444/1/Mass%20conservation%20.pdf>
- Textos, c. (s.f.). Dilatación en líquidos. *Figura 11*. Obtenido de <https://www.textoscientificos.com/fisica/termodinamica/dilatacion/liquidos>.
- Tindale, C. (1999). *Acts of Arguing: A Rhetorical Model of Argument*. New York: State University of New York Press, Albany .
- Valles, L. (2013). A los 100 años del modelo de Bohr . *Revista de la Sociedad Química del Perú* 79(2), 97-98.
- Van Eemeren, F., & Houtlosser, P. (2003). The Development of the Pragma-dialectical Approach to Argumentation. *Argumentation* 17, 387-403.

Viacheslav, Y. (s.f.). Content Cute Girl Embracing Pillow Imagen De Archivo. *Figura 6*.

Obtenido de

https://thumb1.shutterstock.com/display_pic_with_logo/90989/519958759/stock-photo-content-cute-girl-embracing-pillow-519958759.jpg.

Warley, J. (2012). Plantin, Christian: La argumentación. Historia, teorías, perspectivas.

Traducción de Nora Isabel Muñoz. *Anclajes*, 16(2) , 102-104.

West, J. (s.f.). Foto gratis: Focas, En, Canguro, Isla. *Figura 5*. Obtenido de

<https://pixabay.com/es/focas-en-canguro-isla-2255451/>.

Wiedrick, C. (s.f.). Free Lámpara de lava Stock Photo. *Figura 4*. Obtenido de

<https://es.freeimages.com/photo/lava-lamp-1462668>.

Anexos

Anexo 1 Cuestionario Inicial

Cuestionario Inicial

Nombre: _____ Grado: _____

Intente dar la mejor respuesta argumentando claramente desde su pensamiento o conocimiento cada una de las siguientes situaciones cotidianas:

A- Se tiene un kilogramo de hierro y un kilogramo de icopor.



Figura 6 Un kilogramo de icopor

Fuente: Alessandro Braun



Figura 7. Un kilogramo de hierro

Fuente: Juan Riquelme

1-	Comparando ambos materiales, ¿cuál de ellos tiene mayor cantidad? Justifica completamente tu respuesta.
2-	Describe la razón por la cual parece haber más cantidad de icopor.

- B- Una lámpara de lava se caracteriza por unas grandes gotas de aceite o cera en su interior que toman distintas formas constantemente y, que se asemejan a la corriente de lava de un volcán, de allí justamente proviene su nombre.

El primer paso para hacer una de estas lámparas de forma casera es colocar en un recipiente agua y aceite. ¿Cuál es el motivo por el cual el agua queda debajo del aceite?



Figura 8 Mezcla de agua y aceite

Fuente: Furri_19



Figura 9. Lámpara de lava

Fuente: Caron Wiedrick

- C- Las focas son animales esencialmente carnívoros, es decir que basan su dieta en carne específicamente pescado. Ellas sobreviven en zonas como los polos, por ende encuentran su alimento por debajo de la capa de hielo.



Figura 10 El hábitat de las focas

Fuente: Judith West

Teniendo en cuenta el ejemplo ¿Cuál es la razón por la cual así sea un pequeño trozo de hielo no se hunde en el agua?

D- Se tiene una almohada de algodón y se somete a compresión.

¿Cambia la masa de una almohada de algodón cuando se comprime? Justifique.



Figura 11 Almohada comprimida
Fuente: Yukobchuk Viacheslav

*Anexo 2 Actividades de la secuencia didáctica***Actividades para el tratamiento de los modelos****Desarrollo de la secuencia didáctica**

Al inicio de cualquier proceso es importante que cada uno de los actores que participan del mismo, conozca las reglas de juego y el rol que van a desempeñar, es por esto que el contrato social en el aula se convierte en una herramienta fundamental que permite garantizar el compromiso de todos los partícipes del acto educativo.

Compromiso especial**Compromiso del estudiante**

Al estar matriculado en la Institución _____, en el grado _____, Yo _____ acepto libre y conscientemente cumplir con todos los compromisos académicos y de convivencia, buscando con ello participar activamente de mi crecimiento y formación integral.

Por lo tanto me comprometo a:

1. Participar activamente de las clases.
2. Relacionarme acertadamente con el docente y los compañeros.
3. Valorar los consensos y las discusiones que se plantean como ejercicios pedagógicos.
4. Aportar a la discusión y socialización del tema de manera respetuosa.
5. Llegar oportunamente a clase y participar proactivamente de las actividades y explicaciones dadas.
6. Desarrollar y presentar oportunamente, de manera completa y ordenada, todas las actividades asignadas.
7. Contribuir al buen desarrollo de las clases, al participar y fomentar la cultura de la escucha y el respeto hacia los demás.
8. Evidenciar voluntad cuando desarrollo las actividades dentro y fuera de las clases.
9. Escuchar a los demás y respetar el uso de la palabra y los tiempos.
10. Presentar la incapacidad médica o justificación correspondiente cuando haya ausencia de la clase o de las actividades planeadas.
11. Realizar extracurricularmente cada una de las actividades propuestas cuando haya faltado, ya que la ausencia a la clase no me exime de mis deberes como estudiante.
12. Cuidar todos los objetos y bienes que hacen parte de la institución y velar por la conservación de los mismos.
13. Traer los materiales necesarios para el desarrollo de las actividades.

Firma del estudiante: _____

Compromisos de padres de familia o acudientes

Yo _____, identificado con cédula de ciudadanía _____.

Actuando como acudiente del estudiante _____, del grado _____. Después de haber analizado conscientemente el manual de convivencia y el presente compromiso, me comprometo a:

1. Dar un trato respetuoso a todos los miembros de la comunidad educativa.
2. Atender los consejos y sugerencias de los profesores y directivos
3. Acompañar a sus hijos en la labor académica
4. Aceptar las amonestaciones justas y necesarias para sus hijos.
5. Averiguar por su hijo durante la jornada académica y en horario establecido por la Institución.
6. Dotar a los hijos o acudidos de todos los implementos necesarios y uniformes reglamentarios.
7. Responsabilizarse por los daños causados por su hijo o acudido.
8. Generar procesos de autonomía responsable en sus hijos o acudidos.

Firma del acudiente: _____

Compromisos del docente

Yo _____, identificado con cédula de ciudadanía _____.

Como actor fundamental del proceso de enseñanza aprendizaje, además de tener en cuenta cada uno de los deberes contemplados en el manual de convivencia y manual de labores docentes, me comprometo a:

1. Dar un trato respetuoso a todos los estudiantes y acudientes.
2. Ofrecer información clara y oportuna de cada una de las actividades a desarrollar.
3. Realizar un seguimiento integral del desempeño del estudiante dentro y fuera del aula de clase.
4. Brindar la asesoría y acompañamiento a los estudiantes para superar sus debilidades en el aprendizaje.
5. Dar a conocer los resultados de las valoraciones de cada una de las actividades y evaluaciones hechas, dentro del tiempo establecido.
6. Mantener el orden, la disciplina y el buen comportamiento de los estudiantes dentro y fuera del aula.

Firma del docente: _____

Actividades para intervenir los modelos

Actividad para intervenir el modelo Empírico, Característica 1. Reconocimiento propiedades masa y volumen.

Actividad de comparación

Si tienes tres sólidos como se muestra en las figuras:

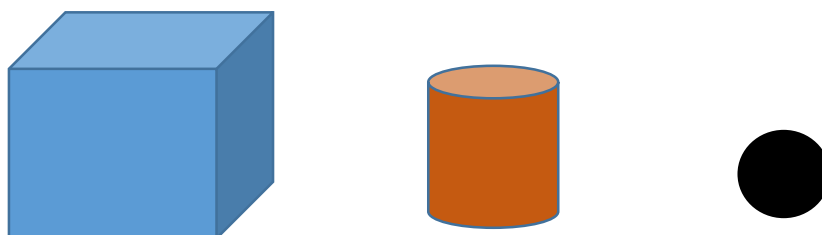


Figura 7 Cubo, cilindro y esfera
Fuente: autoría propia

1. En la figura, ¿Cuál de los objetos tiene mayor masa? ¿Por cuál motivo?
2. ¿Cuál fue la principal razón para dar tu respuesta? ¿Por qué?
3. ¿Cómo verificarías que estás en lo correcto?
4. En la figura ¿Cuál de los objetos tiene mayor volumen? Argumenta.
5. ¿Cómo verificarías que estás en lo correcto?

6. Socialización y discusión grupal. **Momento argumentativo.**

Actividad para intervenir el modelo empírico Característica 2, Propiedad que permite identificar sustancias.

Laboratorio virtual

Densidad de sólidos

En una mesa de trabajo se encuentran recolectadas cuatro muestras de una industria para hacer control de calidad a sus materias primas. Se tienen cuatro esferas del mismo tamaño pero de materiales diferentes sodio metálico, hierro, cobre y aluminio, y se debe determinar la densidad de cada una de ellas.



Figura 12 Determinación densidad de sólidos
Fuente: CloudLabs

Densidad de líquidos

En un laboratorio de tienen muestras líquidas de una industria que produce soluciones salinas, como insumos para la elaboración de suero en las instituciones de salud. A través de un picnómetro y una balanza calibrada se puede hallar la densidad de las sustancias.



Figura 13 Determinación densidad de líquidos
Fuente: CloudLabs

Actividad Exploración

a. ¿Cuál de los elementos sólidos consideras tiene mayor densidad? Justifica
b. ¿Cuál de los elementos líquidos consideras tiene mayor densidad? Justifica

Práctica virtual

Usando la plataforma Cloudlabs, desarrolla la experiencia sobre densidad de sólidos y líquidos, a partir de esta debes presentar un informe escrito que incluya la respuesta a los siguientes interrogantes.

a. ¿Sucedió lo que pensabas? Justifica
b. ¿Tuviste errores al predecir lo que pasaba?
c. ¿Cuál consideras que es el motivo por el cuál erraste?

Actividad para intervenir el modelo de proporcionalidad con énfasis en el Característica 1, Relación de variables (masa o volumen) con la densidad.

Práctica de laboratorio
Densidad de la plastilina.

Objetivo: Hallar experimentalmente la densidad de la plastilina.

La densidad de una sustancia se puede definir matemáticamente como el cociente entre la masa y el volumen:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} \quad \text{Ó} \quad \rho = \frac{m}{V}$$

La **masa** y el **volumen** son propiedades generales o extensivas de la materia, es decir son comunes a todos los cuerpos materiales y además dependen de la cantidad o extensión del cuerpo.

En cambio la densidad es una propiedad característica o específica de la materia, además esta no depende de la cantidad o extensión del cuerpo.

La densidad se puede calcular midiendo, independientemente, la masa y el volumen; para posteriormente realizar el cociente.

Actividad de exploración

Teniendo 5 cubos de plastilina del mismo tamaño predice:

a. ¿Consideras que los cubos tienen la misma masa? Argumenta tu respuesta.
b. ¿Consideras que los cubos tienen el mismo volumen? Argumenta tu respuesta.
c. ¿Consideras que los cubos tienen la misma densidad? Argumenta tu respuesta.
d. Forma grupos de 5 personas y discute tu respuesta. Momento Argumentativo.
e. Redacta un solo documento que recoja las discusiones de las respuestas.

Práctica de laboratorio.

Se presentan a los estudiantes diferentes cubos de plastilina. Lo que ellos no saben es que varios de estos cubos contienen un balón de hierro que se encuentra cubierto de plastilina.



Figura 14 Cubos de plastilina

Fuente: Autoría propia

Procedimiento

Instrucción general: Con los resultados obtenidos y la respuesta a los interrogantes planteados durante la práctica, diseña y presenta un informe escrito.

A continuación en los grupos ya establecidos,

1. Utilizando la balanza electrónica, mide la masa de cada uno de los cubos y registra tu respuesta

CUBO	Masa (gramos)	
1		
2		
3		
4		
5		

2. A continuación halla el volumen de cada uno de los cubos y registra tu respuesta.

CUBO	Volumen (cm ³)
1	
2	
3	
4	
5	

3. Recordando que la densidad es el cociente entre la masa (m) y el volumen (v)

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Halla la densidad de cada uno de los cubos y registra tus respuestas.

CUBO	Densidad (g / cm ³)
1	
2	
3	
4	
5	

Socializa y discute con tus compañeros con tus compañeros. **Momento Argumentativo.**

a. ¿Cómo puedes relacionar el concepto de masa con la densidad?
b. ¿Cómo puedes relacionar el concepto de volumen con la densidad?
c. ¿Para qué puedes utilizar el dato obtenido de la densidad?
d. ¿Ocurrió lo que pasaba en tus predicciones iniciales?

Actividad de Reflexión

Responde de manera individual la siguiente pregunta

a. ¿Cuál es el motivo por el cual crees que algunos de los cubos no tiene la misma densidad de los otros?

b. ¿Consideras importante este aspecto?
c. ¿Cómo podrías asociar lo ocurrido con la historia del concepto de Densidad?

Actividad de socialización. Momento argumentativo

Haz una mesa redonda, socializa, escucha y debate las respuestas con tus compañeros.

Actividad para intervenir el modelo de proporcionalidad con énfasis en el Característica 3, Relación del concepto con la temperatura y la presión.

Lectura

¿Por qué el agua del fondo de los lagos y ríos no se congela?

Una imagen que nos viene rápidamente a la cabeza es la del patinador deslizándose en cualquier superficie helada de un lago, hasta que ésta se resquebraja cayéndose el patinador al agua fría que hay debajo de la capa de hielo. Igualmente las imágenes de barcos rompehielos flotando en el agua que avanzan a medida que rompen la superficie helada, o incluso la de gente que pesca a través de un agujero realizado en la superficie helada.

Todos estos ejemplos nos indican que el agua permanece en estado líquido a pesar de que la superficie se congele. ¿Cómo es esto posible?

En primer lugar, el hielo debe de flotar sobre el agua, es decir su densidad debe ser menor. Es sabido que la densidad disminuye con la temperatura, pero eso se cumple para el agua a partir de 4°C hasta 100°C. La densidad del agua va disminuyendo progresivamente según se puede observar en la siguiente figura.

Entre 0°C y 4°C aumenta la densidad progresivamente y, por tanto, el agua menos fría (alrededor de 4°C) se hunde constantemente hasta llegar al fondo, siendo reemplazada por agua de menor temperatura (alrededor de 0°C) en la parte superior.

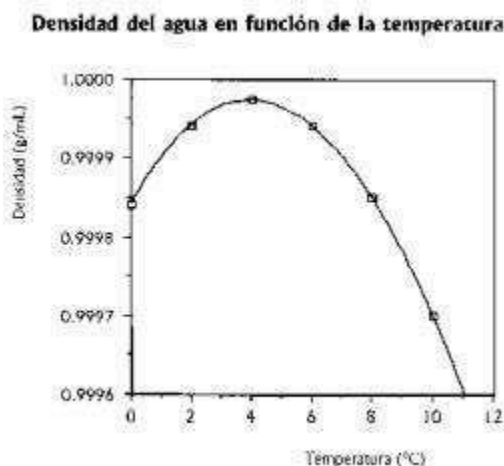


Figura 15. Densidad del agua en función de la temperatura
Fuente: Textos científicos

En realidad se trata de un movimiento de convección similar al del calentamiento de una habitación por un sistema calefactor: el aire frío pesa más y baja empujando al aire caliente hacia arriba y provocando un continuo movimiento de intercambio que termina por calentar todo el aire del recinto.

Imaginemos un estanque que tiene agua a 12°C. A medida que avanza el invierno el agua baja poco a poco su temperatura hasta que llega a 4°C; como la temperatura del agua que está por debajo es superior, la mayor densidad del agua de la superficie hace que se hunda antes de enfriarse más. Y así irá ocurriendo hasta que toda el agua del lago esté a 4°C. Posteriormente, el agua irá enfriándose sin hundirse a 3°C... 2°C... 1°C... hasta 0°C y se convertirá en hielo, pero siempre flotando sobre el agua a 4°C pues tendrá menor densidad.

De esta manera la superficie se congelará primero formando una capa más o menos gruesa, y como el hielo no es muy buen conductor del calor, el resto del agua permanecerá líquida permitiendo la vida de los animales y plantas en su interior.

Referencias:

Nick Arnold. (2000). Ciencia y Sociedad. Enero15, 2016, de Editorial Molino Sitio web: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448153847.pdf>
Reproducido por Albarracín, C., Calvo, D. y González, M; Biología y Geología, 3º de ESO, Editorial Mc Graw Hill, 2007.

Actividad individual

A partir de la lectura realizada resuelve las siguientes preguntas.

- a. Para explicar el movimiento de convección del agua la frase “El agua menos fría se hunde constantemente hasta llegar al fondo”, es una frase relevante o poco relevante. ¿Por cuál razón?

b. ¿Cómo se puede relacionar el concepto de volumen con la densidad?
c. ¿Cuáles son los principales contenidos del texto?
d. ¿Cuál sería la respuesta al título del documento ¿Por qué el agua del fondo de los lagos y ríos no se congela?
e. Al introducir la gráfica en el texto se trata de facilitar la comprensión del mismo. ¿Crees que la gráfica está bien relacionada con el contenido del mismo? Argumenta tu respuesta.
f. ¿Cuál experiencia puedes mencionar que se relacione con el tema tratado?

Reflexión individual

¿Qué grado de conciencia tengo acerca de mi capacidad lectora?

Actividad Grupal. Momento argumentativo.

Socialización y debate general.

Actividad para intervenir el modelo de proporcionalidad con énfasis en el Característica 4, Cambios de forma y de volumen.

Algunos cambios físicos de la materia

Actividad previa

A la pregunta... ¿Cambia la masa de una almohada cuando esta se comprime?, dos respuestas comunes son:

- No, porque en ningún momento le están sacando algodón, solo va a cambiar su forma pero no la masa.
- Sí, porque el algodón está por decir separado y cuando se le hace presión se empieza a juntar y reduce su masa

1- ¿De ambas respuestas la que mejor explica esta situación es?
2- ¿Las razones por la cuales escogiste esa respuesta son?
3- ¿Cómo mejorarías la respuesta seleccionada?

Actividad práctica sobre cambios de forma de la materia

Objetivo: Demostrar que los cambios de forma de la materia no implican cambios en la masa y el volumen de la misma.

Procedimiento.

- 1- Realiza un cubo de plastilina de 2cm por cada lado.
- 2- Mide teóricamente el volumen. (Volumen de un cubo = Largo x Alto x Ancho)
- 3- Mide experimentalmente el volumen usando una probeta y 5ml de agua.
- 4- Mide la masa del cubo.
- 5- Completa el cuadro con los datos obtenidos.

Volumen Teórico (cm ³)	Volumen Experimental (cm ³)	Masa (g)

6- Utilizando el mismo cubo cambia la forma a una esfera.

7- Antes de continuar responde:

a. ¿Puedes predecir el volumen de la esfera? ¿Cuál es? Argumenta.
b. ¿Puedes predecir la masa de la esfera? ¿Cuál es? Argumenta.

8- Utilizando la misma esfera cambia la forma a un cilindro.

9- Antes de continuar responde:

a. ¿Puedes predecir el volumen del cilindro? ¿Cuál es? Argumenta.
b. ¿Puedes predecir la masa del cilindro? ¿Cuál es? Argumenta.

10- No continúes el procedimiento hasta realizar la socialización y discusión con tu grupo de cinco compañeros. **Momento argumentativo**

11- Mide experimentalmente el volumen y la masa de la esfera y el cilindro.

	Volumen experimental (cm ³)	Masa (g)
Esfera		
Cilindro		

12- ¿Acertaste las preguntas 7 y 9? ¿Cuál fue tu principal argumento para dar esas respuestas?
13- ¿En qué crees que fallaste?
14- ¿Cuál de los conceptos utilizados en la actividad te dio más dificultad? ¿Por qué?

Preguntas de profundización

1- Plantea dos situaciones en las cuales hay cambio en el volumen de un cuerpo pero manteniendo constante la masa.
2- ¿Podrías explicar el por qué consideras que tu respuesta anterior es acertada?

3- Comparte con tu grupo de 5 compañeros y debate sus respuestas. **Momento argumentativo**

Actividad para intervenir el modelo analógico.

Densidad y viscosidad

Tomado de: Col· lecció de demostracions de física por Roberto Pedrós

Palabras clave Fluidos; densidad; viscosidad; Arquímedes.

Material Recipientes; cuentagotas; agua; glicerina; aceite; un espejo

Tiempo de Montaje: Menos de 5 minutos



Figura 16. Densidad y viscosidad del agua y el aceite
Fuente: Roberto Pedros

La densidad es el cociente entre la masa (m) y el volumen (V)

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

La viscosidad es una propiedad de los fluidos que explica la relación entre la fuerza aplicada para moverlos y la velocidad con que se mueven. La fuerza necesaria para desplazar un fluido viscoso (F), es proporcional a la superficie de fluido que se desplaza (S)

$$F = S\eta \frac{dv}{dz} \quad (2)$$

La fuerza también es proporcional a la viscosidad del fluido η (a más viscoso es necesaria más fuerza) y también al gradiente de velocidades dv/dz . Las capas del fluido más próximas al punto en que se ejerce la fuerza se mueven con más velocidad que las capas más alejadas. Es decir, hay un gradiente de velocidades (v) con la profundidad (z): dv/dz .

Procedimiento

Vertemos, glicerina, agua y aceite en un recipiente. Observamos lo que ocurre y se dibuja en el cuaderno.

Datos:

1.261 g/cm³ de la glicerina frente a 0.997 g/cm³ del agua.

El aceite de oliva tiene una densidad de 0.920 g/cm³.

A continuación colocamos el espejo de manera que quede inclinado. Dejamos caer simultáneamente sobre el espejo una gota de agua y otra de aceite con el cuentagotas.

Viscosidad del aceite 0.081 Pa s frente a 0.001 Pa s del agua.

Ahora dejamos caer simultáneamente una gota de agua y una gota de glicerina.

Viscosidad de la glicerina 1.2 Pa s frente a 0.001 Pa s del agua

Advertencias: Todos los valores de densidad y viscosidad se dan a temperatura ambiente (20-25°C).

Describe en tu cuaderno lo que ocurrió.

Actividad General.

A continuación toma alguna de las siguientes posturas:

En el experimento el agua queda debajo del aceite porque:

- A. El agua es menos viscosa que el aceite y así se produce que el aceite quede sobre el agua y no se mezclen.
- B. El aceite es una sustancia más densa y con el agua, hace que esta se ubique en la parte superior.

1. ¿Porque tu postura es la correcta frente a la otra?
2. ¿Qué aspectos a favor tiene tu postura?
3. ¿Qué aspectos en contra tiene tu postura?

4. Socializa y debate en tu grupo. **Momento argumentativo**